



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD -
WARU, SIDOARJO**

SAFIRA NUR AFIFAH
NRP. 3113 100 108

Dosen Pembimbing I
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD -
WARU, SIDOARJO**

SAFIRA NUR AFIFAH
NRP. 3113 100 108

Dosen Pembimbing I
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**DRAINAGE SYSTEM PLANNING OF ROYAL
AFATHER WORLD APARTMENT – WARU,
SIDOARJO**

SAFIRA NUR AFIFAH
NRP. 3113 100 108

Academic Supervisor I
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Academic Supervisor II
Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD -
WARU, SIDOARJO**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SAFIRA NUR AFIFAH
NRP. 3113 100 108

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc. (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA (Pembimbing II)



**SURABAYA
JUNI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD - WARU, SIDOARJO

Nama Mahasiswa : Safira Nur Afifah
NRP : 3113100108
Departemen : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

Abstrak

Seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi di Kota Surabaya, investasi melalui kepemilikan properti menjadi tren saat ini. Apartemen menjadi properti yang perkembangannya cukup pesat, salah satunya yang terbaru adalah Apartemen Royal Afather World. Lokasi superblok apartemen ini sangat strategis, yaitu dekat dengan akses Tol Waru-Juanda di perbatasan Surabaya-Sidoarjo. Oleh sebab itu, perencanaan drainase apartemen harus dilakukan sebaik mungkin untuk mencegah dampak banjir di kawasan sekitarnya.

Namun, diketahui pembangunan apartemen ini menyebabkan alih fungsi lahan yang besar sehingga koefisien pengaliran (C) lahan berubah menjadi 4 kali lipat. Untuk mencapai prinsip Zero Delta Q , sistem drainase Apartemen Royal Afather World direncanakan dengan cara $\leq 50\%$ debit banjir kawasan (Q) boleh dibuang ke saluran kota, sedangkan $\geq 50\%$ sisanya ditahan di dalam kawasan sampai hujan berhenti.

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, sistem drainase pada apartemen dibagi menjadi 2 sistem. Q dari sistem drainase bawah langsung dibuang ke saluran Kali Perbatasan, sedangkan Q sistem drainase atas ditahan di kolam tampung. Kolam direncanakan dapat menampung Q dengan durasi hujan (t_d)=90 menit. Outflow kolam direncanakan menggunakan valve untuk mengatur tinggi muka air kolam (h) $\leq 0,9$ m.

Kata Kunci : Drainase, koefisien pengaliran (C), Zero Delta Q , kolam tampung, valve

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

DRAINAGE SYSTEM PLANNING OF ROYAL AFATHER WORLD APARTMENT – WARU, SIDOARJO

Name : Safira Nur Afifah
NRP : 3113100108
Department : Civil Engineering
Academic Supervisor 1 : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.
Academic Supervisor 2 : Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

Abstract

Today, investment through realty ownership becomes popular as the economic rate in city of Surabaya escalates every year. The most recent realty that is expanding rapidly is apartment buildings, which one of the latest is the Royal Afather World apartment. It is strategically located in Surabaya-Sidoarjo border, alongside the Waru-Juanda toll road. Knowing that, all possible efforts are necessary to prevent the area nearby from flooding.

However, the construction of the superblock has made the ground surface mostly covered with impervious layer, and changing the runoff coefficient (C) into four-times larger. In order to apply the Zero Delta Q policy, the superblock's drainage system is designed to directly drain $<50\%$ flood discharge to the city canal, while the other $>50\%$ remains inside the area during the fainfall.

By performing complete analysis and calculations, it is found that the most potential drainage plan of the superblok is by dividing its drainage system into two. Firstly, the flood discharge (Q) from the road drainage system is directly drained to Kali Perbatasan. Secondly, Q from the tower drainage system is retained in the basin. The basin is designed to accomodate Q with rainfall duration (td) = 90 minutes. A valve with $d=25$ cm is functioned as the basin outflow to set the water level to $h \leq 0,9m$.

Keyword : Drainage, land coefficient (C), Zero Delta Q , retaining basin, valve

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir di masa perkuliahan strata 1 ini dengan lancar dan tepat waktu. Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Sistem Drainase Apartemen Royal Afather World – Waru, Sidoarjo”** ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan program S1 teknik di Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak dukungan dan doa dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua dan kakak perempuan yang selalu mencurahkan doa, perhatian, kasih sayang, dan tidak pernah lelah memberi dukungan kepada penulis
2. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc. dan Dr. Ir. Edijatno selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan dan bimbingan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini
3. Ibu Yang Ratri Savitri, ST., MT. yang dengan senang hati selalu meluangkan waktu untuk diajak diskusi terkait Tugas Akhir ini
4. Perempuan-perempuan tangguh kesayangan penulis yaitu Genggez (Anindita Hanalestari, Made Gita Pitaloka, Vanessa, Astriawati, Decyntya Puspa Mega, Etza Nandira dan Nurmala Devianti), yang selalu ada untuk saling membantu, saling mengejek dan saling memberi dukungan dalam situasi apapun
5. Orang-orang unik dan sangat baik hatinya yang dipertemukan di PSMITS yaitu Barocca LA14, yang selalu bisa memberi penghiburan, perhatian dan pertolongan kepada penulis

6. Angkatan diamond CEITS 2013, sebagai penolong pertama bagi penulis dalam menghadapi 4 tahun dunia perkuliahan teknik sipil dan saudara seperjuangan di pengkaderan, kepanitiaan dan himpunan
7. Keluarga besar PSMITS, sebagai tempat bermain penulis ketika jenuh dengan kehidupan perkuliahan
8. Dosen-dosen dan karyawan Departemen Teknik Sipil, serta adik-adik S57 dan kakak-kakak S55++ untuk semua ilmu, bantuan dan perhatiannya kepada penulis
9. Yuniar Syahnez, Aulia Sundamanik dan Carissa Putri
10. Reza Al Arif, Dea Mauli, Diah Kusuma, Rizal Andhika, Rendy Triherwanto, Stella Alvianita dkk
11. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Berkat anda semua, penulis mendapatkan pelajaran hidup yang luar biasa untuk menjadi pribadi yang lebih baik. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan anda.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat ketidaksempurnaan dalam Tugas Akhir ini, sehingga kritik dan saran dari pembaca sangat dibutuhkan sebagai bahan evaluasi. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca untuk mengetahui lebih jauh tentang tata cara perencanaan sistem drainase apartemen.

Surabaya, 06 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TITLE PAGE.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Lokasi Studi.....	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Hidrologi	5
2.1.1 Penentuan Hujan Wilayah	5
2.1.2 Analisis Hujan Rencana	6
2.1.3 Analisis Debit Banjir	19
2.2 Analisis Hidrolika.....	23
2.2.1 Perencanaan Saluran Drainase	23
2.2.2 Analisis Profil Muka Air	26
BAB III METODOLOGI	31
3.1 Studi Literatur.....	31
3.2 Studi Lapangan.....	31
3.3 Pengumpulan Data	31

3.3.1	Data Hidrologi	32
3.3.2	Data Peta.....	32
3.3.3	Data Hidrolika	32
3.4	Analisis Data dan Perhitungan	32
3.4.1	Analisis Hidrologi	32
3.4.2	Analisis Hidrolika.....	33
3.5	Kesimpulan dan Saran	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Perubahan Nilai Koefisien Pengaliran (C)	37
4.2	Analisis Hidrologi	37
4.2.1	Penentuan Hujan Wilayah	37
4.2.2	Analisis Distribusi Curah Hujan Maksimum Harian 39	
4.2.3	Uji Kecocokan Parameter Distribusi	46
4.2.4	Analisis Debit Banjir Rencana (Q Hidrologi)	52
4.3	Analisis Hidrolika.....	68
4.4	Perencanaan Kolam Tampung dan Saluran Outlet.....	69
4.4.1	Analisis Hidrograf Kolam Tampung	70
4.4.2	Analisis Penelusuran Banjir (<i>Routing</i>)	75
4.4.3	<i>Routing</i> Kolam Tampung dengan <i>Valve</i>	80
4.4.4	Perencanaan Saluran Outlet Kolam.....	82
4.5	Analisis Profil Air Balik (<i>Backwater</i>)	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		86
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran	87
DAFTAR PUSTAKA		89

LAMPIRAN..... 91

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta lokasi Apartemen Royal Afather World	2
Gambar 1.2 Layout kawasan Apartemen Royal Afather World ...	3
Gambar 2.1 Contoh poligon <i>Thiessen</i>	6
Gambar 2.2 Penampang saluran segiempat.....	23
Gambar 2.3 Sket definisi untuk perhitungan aliran tidak seragam, metode tahapan langsung	27
Gambar 2.4 Muka air hilir lebih rendah dari posisi hn.....	28
Gambar 2.5 Muka air hilir lebih rendah dari posisi hc	29
Gambar 2.6 Profil M1 di hilir.....	29
Gambar 2.7 Profil M2 di hilir.....	30
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir ..	35
Gambar 4.1 Gambar luas daerah pengaruh stasiun hujan	38
Gambar 4.2 Gambar 3D Tower sebelah Utara Apartemen Royal Afather World	54
Gambar 4.3 Diagram pengaliran sistem drainase atas.....	55
Gambar 4.4 Contoh denah <i>roofdrain</i> pada Tower A.....	55
Gambar 4.5 Salah satu skema <i>line</i> talang horizontal pada LG yang menghubungkan talang-talang vertikal menuju ke kolam.....	60
Gambar 4.4 Skema garis yang menunjukkan detail <i>catchment area</i> yang masuk ke danau	60
Gambar 4.6 Skema saluran inlet kolam.....	70
Gambar 4.7 Hidrograf kolam dengan $t_d=t_c$	71
Gambar 4.8 Grafik volume kolam dengan $t_d=t_c$	71
Gambar 4.9 Hidrograf kolam dengan $t_d=60$ menit	72
Gambar 4.10 Grafik volume kolam dengan $t_d=60$ menit	72

Gambar 4.11 Hidrograf kolam dengan $t_d=70$ menit	73
Gambar 4.12 Grafik volume kolam dengan $t_d=70$ menit	73
Gambar 4.13 Hidrograf kolam dengan $t_d=90$ menit	74
Gambar 4.14 Grafik volume kolam dengan $t_d=90$ menit	74
Gambar 4.15 Grafik perbandingan debit inflow dan debit outflow kolam dengan valve.....	82
Gambar 4.16 Sketsa analisis <i>backwater</i> saluran kota terhadap saluran Outlet 1	84
Gambar 4.17 Sketsa analisis <i>backwater</i> saluran kota terhadap saluran Outlet 2	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Periode ulang (tahun) untuk perencanaan saluran kota .	7
Tabel 2.2 Nilai variabel reduksi Gauss.....	9
Tabel 2.3 Nilai <i>Reduced Mean</i> (Y_n)	11
Tabel 2.4 Nilai <i>Reduced Standard Deviation</i> (S_n).....	11
Tabel 2.5 Nilai <i>Reduced Variate</i> (Y_{Tr})	12
Tabel 2.6 Nilai K_T untuk distribusi Log Pearson III	13
Tabel 2.7 Nilai kritis untuk uji Chi-Kuadrat	16
Tabel 2.8 Nilai Kritis D_0 Smirnov-Kolmogorov	19
Tabel 2.9 Harga Koefisien Hambatan (n_d).....	20
Tabel 2.10 Nilai koefisien pengaliran (C)	21
Tabel 2.11 Tinggi jagaan berdasarkan jenis saluran	24
Tabel 2.12 Kecepatan maksimum aliran	25
Tabel 2.13 Koefisien kekasaran Manning (n)	25
Tabel 4.1 Data hujan harian maksimum.....	38
Tabel 4.2 Periode ulang (tahun) untuk perencanaan saluran kota	39
Tabel 4.3 Perhitungan data curah hujan maksimum Normal dan Gumbel	40
Tabel 4.4 Perhitungan data curah hujan maksimum Log-Normal dan Log-Pearson III.....	43
Tabel 4.5 Syarat parameter statistik	45
Tabel 4.6 Rekap C_s dan C_k perhitungan distribusi	46
Tabel 4.7 Uji Chi-Kuadrat distribusi Normal.....	49
Tabel 4.8 Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Normal	51
Tabel 4.9 Inlet-inlet talang vertikal di tower sisi selatan.....	58

Tabel 4.10 Inlet-inlet talang vertikal di tower sisi utara.....	59
Tabel 4.11 Rekap saluran inlet kolam tampung	70
Tabel 4.12 Routing dengan debit saat $t_d=t_c$	76
Tabel 4.13 Routing dengan debit saat $t_d=60$ menit	77
Tabel 4.14 Routing dengan debit saat $t_d=70$ menit	78
Tabel 4.15 Routing dengan debit pada saat $t_d=90$ menit	79
Tabel 4.16 Routing kolam dengan outflow melalui valve.....	81
Tabel 4.17 Perhitungan elevasi saluran-saluran Outlet 2	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempat tinggal merupakan salah satu kebutuhan primer manusia yang kebutuhannya akan terus meningkat di masa depan. Perusahaan-perusahaan pengembang perumahan berlomba-lomba menyediakan alternatif tempat tinggal yang nyaman disaat ketersediaan lahan semakin terbatas, yaitu dengan mengembangkan apartemen (*vertical housing*). Di Kota Surabaya, beberapa tahun terakhir jumlah apartemen meningkat pesat seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi. Hal ini terjadi karena apartemen tidak hanya diminati untuk dijadikan tempat tinggal, namun juga menjadi properti yang nilai investasinya cukup tinggi saat ini.

Pada Tugas Akhir ini, apartemen yang dijadikan obyek perencanaan adalah sebuah superblok bernama Royal Afather World. Lokasi superblok apartemen ini sangat strategis, yaitu dekat dengan akses Tol Waru-Juanda, perbatasan Surabaya – Sidoarjo. Pembangunan apartemen ini diharapkan tidak menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan di sekitarnya. Dampak negatif yang utama adalah terjadinya banjir yang dapat mengganggu kelancaran arus lalu lintas keluar dan masuk Kota Surabaya dan Sidoarjo. Oleh sebab itu, Apartemen Royal Afather World harus memiliki perencanaan sistem drainase yang sebaik mungkin.

Peraturan Pemerintah nomor 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional menyatakan bahwa setiap bangunan yang mengajukan izin pembangunan harus menerapkan konsep **Zero Delta Q**, yaitu setiap bangunan yang dibangun tidak boleh menyebabkan tambahan debit air yang masuk ke saluran drainase kota.

Pemerintah Kota Surabaya sebagai regulator telah mengatur dalam Peraturan Daerah bahwa setiap bangunan yang akan dibangun harus memiliki kajian drainase. Kajian drainase tersebut menjadi salah satu persyaratan dalam pembuatan IMB (Izin

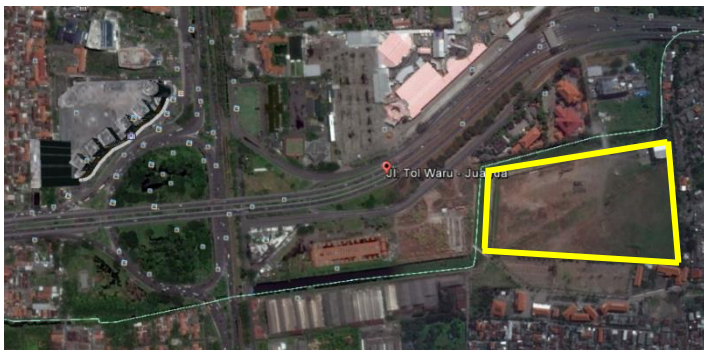
Mendirikan Bangunan) dan menegaskan bahwa tidak boleh ada perubahan debit yang keluar dari suatu kawasan sebelum dan sesudah suatu bangunan didirikan.

Perubahan tata guna lahan berpotensi besar menyebabkan banjir. Hal ini dapat terjadi karena koefisien pengaliran (C) pada lahan berubah. Pengembangan lahan biasanya diikuti penambahan lapisan kedap air yang berakibat pada peningkatan laju dan volume aliran permukaan. Sehingga banjir akan sangat mungkin terjadi apabila sistem drainase di kawasan bangunan tersebut tidak direncanakan dengan baik.

Apartemen Royal Afather World sendiri merupakan sebuah superblok terbaru yang sedang dibangun dan direncanakan terdiri dari 14 tower apartemen. Selain itu, terdapat kondominium, hotel bintang 3 dan area hiburan berupa pusat perbelanjaan dan *waterpark*. Luas total kawasan ini sebesar 60222,6 m². Pihak pengembang juga telah merencanakan kolam di tengah kawasan superblok tersebut. Kolam tampung ini dimanfaatkan sebagai penahan debit banjir kawasan apartemen sebelum dialirkan ke saluran kota.

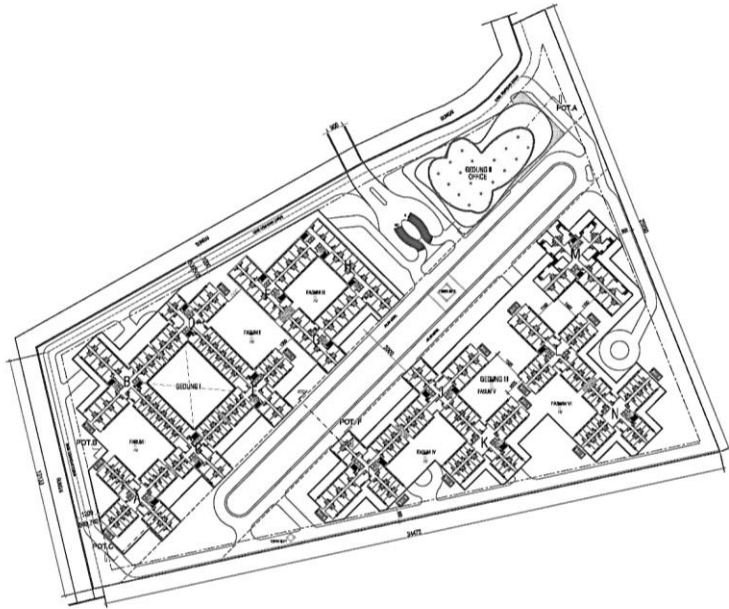
1.2 Lokasi Studi

Peta lokasi pembangunan Apartemen Royal Afather World ditunjukkan oleh garis kuning pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Peta lokasi Apartemen Royal Afather World

Sedangkan *layout* kawasan apartemen dapat dilihat pada Gambar 1.2 di bawah ini.



Gambar 1.2 Layout kawasan Apartemen Royal Afather World
(sumber: Tim Arsitek PT. Samudra Jedine)

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa besar perubahan koefisien pengaliran (C) lahan akibat dari pembangunan apartemen?
2. Bagaimana perencanaan sistem drainase kawasan apartemen?
3. Berapa besar debit banjir rencana sistem drainase apartemen?

4. Bagaimana pengoperasian kolam tampung untuk menunjang sistem drainase apartemen?

1.4 Tujuan

Tujuan dari perencanaan sistem drainase apartemen ini adalah untuk mengetahui debit banjir yang terjadi setelah apartemen ini selesai dibangun dan rencana sistem drainase agar keberadaan apartemen ini tidak menyebabkan banjir di wilayah sekitar apartemen.

Secara terinci tujuan dari perencanaan drainase apartemen ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai koefisien pengaliran (C) lahan yang baru akibat dari pembangunan apartemen
2. Merencanakan sistem drainase apartemen dengan menyesuaikan desain layout apartemen
3. Menghitung debit banjir rencana kawasan apartemen yang akan dialirkan ke saluran kota
4. Merencanakan pengoperasian kolam tampung untuk menahan sementara debit banjir apartemen sebelum dialirkan menuju saluran kota

1.5 Batasan Masalah

Berikut ini merupakan batasan masalah terkait perencanaan sistem drainase Apartemen Royal Afather World, antara lain

1. Perencanaan hanya memperhitungkan debit dari air hujan
2. Tidak menghitung biaya pembangunan saluran drainase
3. Tidak memperhitungkan kekuatan struktur saluran
4. Tidak memperhitungkan sedimentasi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Hidrologi

2.1.1 Penentuan Hujan Wilayah

Untuk menghitung hujan rata-rata wilayah, terdapat tiga macam metode yang umumnya digunakan, yaitu

1. Rata-rata aljabar
2. Poligon *Thiessen*
3. Isohyet

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penentuan hujan wilayah menggunakan metode Poligon Thiessen. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun hujan di daerah tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah tersebut tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Pembentukan poligon *Thiessen* adalah sebagai berikut ini.

- a. Stasiun pencatat hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan diluar DAS yang berdekatan.
- b. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis terputus) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga Gambar 2.1
- d. Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.

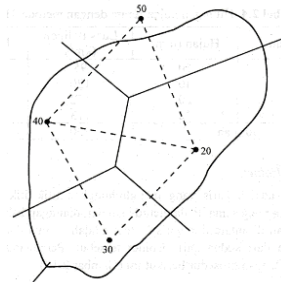
- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Jumlah dari hitungan pada butir *e* untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik mempunyai bentuk berikut ini.

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i p_i}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : \bar{p} = hujan rata-rata wilayah

p_1, p_2, \dots, p_n = hujan pada stasiun 1, 2, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah pada stasiun 1, 2, ..., n



Gambar 2.1 Contoh poligon *Thiessen*

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2010)

2.1.2 Analisis Hujan Rencana

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam sehingga menghasilkan data curah hujan harian per tahun. Data curah hujan harian maksimum per tahun kemudian dijadikan acuan untuk analisis hujan rencana periode ulang (R_T).

Dalam perencanaan saluran drainase, periode ulang (*return period*) yang digunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Rekomendasi periode ulang untuk desain banjir dan genangan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Periode ulang (tahun) untuk perencanaan saluran kota

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
1	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
2	Saluran Sekunder	
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
3	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau :	
	Luas DAS (25-50)Ha	5
	Luas DAS (50-100)Ha	(5-10)
	Luas DAS (100-1300)Ha	(10-25)
	Luas DAS (1300-6500)Ha	(25-50)

(Sumber : Fifi Sofia, 2006)

2.1.3.1 Analisis Distribusi Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim (curah hujan maksimum harian) terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi terhadap data curah hujan yang umum digunakan adalah sebagai berikut.

1. Distribusi Gumbel
2. Distribusi Normal
3. Distribusi Log Normal
4. Distribusi Log Pearson Tipe III

Setiap jenis distribusi memiliki parameter statistik yang terdiri dari nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien variabel, koefisien kemencengan, dan koefisien kurtosis. Masing-masing parameter statistik tersebut dicari berdasarkan rumus-rumus di bawah ini.

1. Nilai rata-rata (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Deviasi standar (*standard deviation*)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

3. Koefisien variasi (*Coefficient of Variation*)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Besarnya koefisien variasi dihitung dengan rumus

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.4)$$

4. Koefisien Kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

Koefisien kemencengan adalah nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah suatu proses untuk mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

$$Cs = \frac{\sum(X-\bar{X})^3.n}{(n-1)(n-2).S^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

5. Koefisien Kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*)

$$Ck = \frac{\sum(X-\bar{X})^4.n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana X = data dalam sampel

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

S = standar deviasi

n = jumlah pengamatan

Cv = koefisien variasi

Cs = koefisien kemencengan

Ck = koefisien kurtosis

Berikut ini merupakan penjabaran dari empat jenis distribusi curah hujan maksimum harian rencana yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

a. Distribusi Normal

Perhitungan distribusi normal menggunakan persamaan:

$$R_T = \bar{R} + K \times Sd \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

R_T = Logaritma curah hujan (diharapkan terjadi) untuk periode tertentu

\bar{R} = Hujan rata-rata dari data

Sd = Standar deviasi logaritmik

K = Variabel reduksi yang didapat dari reduksi gauss berdasarkan periode hujan yang akan direncanakan (**Tabel 2.2**)

Tabel 2.2 Nilai variabel reduksi Gauss

PERIODE ULANG, T (TAHUN)	PELUANG	K
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.01	0.990	-2.33
1.05	0.950	-1.64
1.11	0.900	-1.28
1.25	0.800	-0.84
1.33	0.750	-0.67
1.43	0.700	-0.52
1.67	0.600	-0.25
2	0.500	0
2.5	0.400	0.25
3.33	0.300	0.52
4	0.250	0.67
5	0.200	0.84

Lanjutan Tabel 2.2		
10	0.100	1.28
20	0.050	1.64
50	0.020	2.05
100	0.010	2.33
200	0.005	2.58
500	0.002	2.88
1000	0.001	3.09

(Sumber : Suripin, 2004)

Sri Harto (1993), memberikan sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien kemencengan (*skewness*) sama dengan nol ($C_s = 0$) dan nilai koefisien kurtosis ($C_k = 3$).

b. Distribusi Gumbel

Besarnya curah hujan rencana sesuai dengan periode ulangnya dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$R_t = R_r + K \cdot S_x \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

R_t = curah hujan dengan periode ulang T tahun (mm)

R_r = curah hujan rata-rata hasil pengamatan n tahun di lapangan (mm)

S_x = standar deviasi dari hasil pengamatan selama n tahun

K = faktor probabilitas, untuk harga-harga ekstrem

Perhitungan K dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

Y_n = *Reduced Mean* yang tergantung pada jumlah sampel (n) dan besarnya dapat dilihat pada Tabel

S_n = *Reduced Standard Deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel (n) dan besarnya dapat dilihat pada Tabel

Y_{Tr} = *Reduced variate*, yang dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$Y_{Tr} = -\ln\left\{-\ln \frac{T_r - 1}{T_r}\right\} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana T_r = periode ulang hujan untuk curah hujan tahunan rata-rata.

Tabel 2.3 Nilai *Reduced Mean* (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5520
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2.4 Nilai *Reduced Standard Deviation* (S_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2081	1.2087	1.2090	1.2093	1.2096

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2.1 *Nilai Reduced Variate (Y_{Tr})*

Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Y_{Tr}	Periode ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Y_{Tr}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber : Suripin, 2004)

Sri Harto (1993), memberikan sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien kemencengan (*skewness*) (C_s) sama dengan 1.139 dan nilai koefisien kurtosis (C_k) sama dengan 5.4032.

c. Distribusi Log Normal

Dalam distribusi log normal, langkah-langkah pengerjaannya sama dengan distribusi normal namun data X diubah kedalam bentuk logaritmik $Y = \log X$. Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti Distribusi Log Normal. Perhitungan curah hujan rencana untuk distribusi log normal menggunakan persamaan berikut ini.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times S \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \dots \dots \dots (2.12)$$

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung varian,

S = Deviasi standar nilai varian,

K_T = Faktor frekuensi (lihat Tabel 2.2)

Sri Harto (1993), memberikan sifat-sifat distribusi log normal, yaitu

- nilai kemencengan, $C_s = C_v^3 + 3C_v$
- nilai kirtosis

$$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

d. Distribusi Log Pearson III

Sama halnya dengan Distribusi Log Normal, data X untuk Distribusi Log Pearson III diubah menjadi bentuk logaritmik $Y = \log X$. Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti Distribusi Log Pearson III. Perhitungan curah hujan rencana adalah sebagai berikut.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times S \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung varian,

S = Deviasi standar nilai varian,

K_T = Faktor frekuensi (lihat Tabel 2.6)

Tabel 2.6 Nilai K_T untuk distribusi Log Pearson III

Skew Coef (Cs)	Return period in years						
	2	5	10	25	50	100	200
	Exceedence probability						
	0.50	0.20	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584

Lanjutan Tabel 2.6							
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216

Lanjutan Tabel 2.6							
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2014)

Sri Harto (1993), memberikan sifat-sifat Distribusi Log Pearson III, yaitu

- Nilai kemencengan : $C_s = \text{fleksibel}$
- Nilai kirtosis : $C_k = 1,5C_s^2 + 3$

2.1.3.2 Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Untuk menentukan apakah fungsi distribusi probabilitas yang dipilih telah sesuai dan dapat mewakili distribusi frekuensi dari data sampel yang ada, maka diperukan pengujian parameter, dalam hal ini yang digunakan adalah uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov Kolmogorov.

Apabila pengujian fungsi distribusi probabilitas yang dipilih memenuhi ketentuan persyaratan kedua uji tersebut, maka perumusan persamaan yang dipilih dapat diterima dan akan ditolak jika tidak memenuhi.

a. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat bertujuan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data analisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh

karena itu disebut Chi-Kuadrat. X^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum_{t=1}^G \frac{(O_t - E_t)^2}{E_t} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

X_h^2 = Paramater uji Chi-Kuadrat

G = Jumlah sub kelompok (minimal 4 data)

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X_h^2 sama atau lebih besar dari nilai chi-kuadrat sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada **Tabel 2.7** di bawah ini.

Tabel 2.7 Nilai kritis untuk uji Chi-Kuadrat

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,278	9,210	10,597
3	0,00717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181

24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,212	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Suripin 2004)

Prosedur pengujian Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut.

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G sub-grup, tiap-tiap sub group minimal 4 data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub-grup
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
5. Tiap-tiap sub-grup hitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G sub-grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-Kuadrat hitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi Normal dan Binomial, dan $R = 1$ untuk distribusi Poisson).

(Sumber: Soewarno, 1995)

Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut.

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima,
2. Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi tidak dapat diterima,
3. Apabila peluang berada di antara 1%-5%, maka tidak memungkinkan mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

(Sumber: Suripin, 2004)

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering disebut juga uji kecocokan non-parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut.

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut :

$$X_1 \rightarrow P(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P(X_n)$$

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P'(X_n)$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } [P(X_m) - P'(X_m)] \dots \dots \dots (2.16)$$

4. Berdasarkan **Tabel 2.8**, ditentukan harga D_0
 - Apabila $D_{\text{maks}} < D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.
 - Apabila $D_{\text{maks}} > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 2.8 Nilai Kritis D_0 Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

(Sumber: Suripin, 2004)

2.1.3 Analisis Debit Banjir

2.1.3.1 Perhitungan Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi (t_c) suatu DAS didefinisikan sebagai waktu pengaliran air dari titik terjauh pada lahan hingga masuk ke saluran, sampai pada titik yang ditinjau.

Perhitungan waktu konsentrasi ini mempengaruhi besar kecilnya nilai intensitas hujan (I) yang terjadi. Besarnya nilai intensitas hujan (I) berbanding lurus dengan besar kecilnya debit (Q) pada saluran sehingga menentukan besar kecilnya dimensi saluran. Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$t_c = t_o + t_f \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana:

t_c = waktu konsentrasi (menit)

t_o = waktu yang dibutuhkan untuk mengalir di permukaan untuk mencapai inlet (menit)
 t_f = waktu yang diperlukan untuk mengalir di sepanjang saluran (menit)

a. Pengaliran pada Lahan (t_o)

Perumusan untuk menghitung t_o menggunakan Rumus Kerby berikut ini.

$t_o = 1.44x \left(n_d x \frac{l}{\sqrt{s}} \right)^{0.467} \dots\dots\dots(2.18)$

dimana:

- l = jarak dari titik terjauh ke inlet (m)
- n_d = koefisien hambatan
- s = kemiringan medan

Tabel 2.9 Harga Koefisien Hambatan (nd)

Jenis Permukaan	nd
Lapisan semen dan aspal beton	0.013
Permukaan licin dan kedap air	0.02
Permukaan licin dan kokoh	0.10
Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0.20
Padang rumput dan rerumputan	0.40
Hutan gundul	0.60
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0.80

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

b. Pengaliran pada Saluran (t_f)

$t_f = \frac{L}{60 V} \dots\dots\dots(2.19)$

dimana:

- t_f = waktu pengaliran pada saluran (menit)
- L = panjang saluran yang dilalui oleh air (m)
- V = kecepatan aliran air pada saluran (m/dt)

2.1.3.2 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run-off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer (hujan total yang terjadi). Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari.

Koefisien pengaliran mempunyai nilai antara, dan sebaiknya diambil nilai yang terbesar atau nilai yang maksimum untuk analisis debit. Nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Nilai koefisien pengaliran (C)

KONDISI PERMUKAAN TANAH	Koefisien Limpasan (Run-off)
BAHAN	
1.Jalan beton dan jalan aspal	0.70-0.95
2.Jalan kerikil dan jalan tanah	0.40-0.70
TATA GUNA LAHAN	
1.Daerah perkotaan	0.70-0.95
2.Daerah pinggir kota	0.60-0.70
3.Pemukiman padat	0.40-0.60
4.Pemukiman tidak padat	0.40-0.60
5.Taman dan kebun	0.20-0.40
6.Perbukitan	0.70-0.80

(Sumber : Pd. T-02-2006-B Perencanaan Sistem Drainase Jalan,
Departemen PU)

2.1.3.3 Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan adalah tinggi curah hujan yang terjadi per satuan waktu. Untuk perhitungan intensitas curah hujan harian dari stasiun hujan digunakan perumusan Dr. Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana:

I = intensitas hujan untuk lama hujan t jam (mm/jam)

t = durasi hujan (jam)

R₂₄= curah hujan maksimum selama 24 jam

2.1.3.4 Perhitungan Debit Banjir Rencana (Q)

Untuk menghitung debit banjir rencana kawasan yang luasnya kurang dari 150 Ha, maka dipakai metode rasional yaitu

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

Q = intensitas hujan untuk lama hujan t jam (m³/dt)

C = koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan untuk periode ulang tertentu (mm/jam)

A = Luas area kawasan (km²)

2.2 Analisis Hidrolika

2.2.1 Perencanaan Saluran Drainase

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu ditampung oleh saluran tanpa terjadi peluapan. Kapasitas saluran dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (2.22)$$

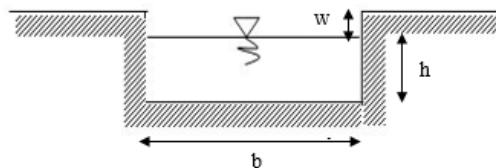
dimana: V = Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran (m/detik)

A = Luas penampang saluran (m^2)

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada prinsip debit yang harus ditampung oleh saluran (Q hidrolika dalam $m^3/detik$) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana (Q hidrologi dalam $m^3/detik$). Kondisi demikian dapat dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$Q \text{ hidrolika} \geq Q \text{ hidrologi} \dots \dots \dots (2.23)$$

Penampang saluran drainase di Apartemen Royal Afather World direncanakan menggunakan penampang segiempat seperti pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Penampang saluran segiempat

$$A = b \times h \dots \dots \dots (2.24)$$

$$P = b + 2h \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana: A = Luas penampang basah (m^2)
P = keliling basah penampang (m)
b = lebar penampang (m)
h = tinggi muka air (m)
w = tinggi jagaan (m)

Tinggi jagaan (w) berfungsi untuk memberikan ruang bebas di atas muka air maksimum. Hal tersebut diperlukan bila sewaktu-waktu terjadi hal-hal seperti gelombang karena angin, terjadinya aliran balik loncatan air, sedimentasi atau peningkatan koefisien kekasaran atau kesalahan operasi bangunan air di saluran. Besarnya tinggi jagaan dapat dilihat dalam Tabel 2.13.

Tabel 2.11 Tinggi jagaan berdasarkan jenis saluran

Jenis Saluran	Tinggi Jagaan, w (m)
Saluran-saluran Tersier	0.10-0.20
Saluran-saluran Sekunder	0.20-0.40
Saluran-saluran Primer	0.40-0.60
Sungai-sungai	1.00

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran, dapat dihitung dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$R = \frac{As}{P} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana: V = Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran (m/det)
n = Koefisien kekasaran Manning
R = Jari-jari hidrolis (m)
S = Kemiringan dasar saluran

A = Luas penampang saluran (m^2)

P = Keliling basah saluran (m)

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.12 menunjukkan kecepatan maksimum aliran dalam sungai yang disarankan oleh Departemen PU.

Tabel 2.12 Kecepatan maksimum aliran

Jenis Material	Kecepatan Izin (m/det)
Pasir halus	0.45
Lempung kepasiran	0.50
Lanau aluvia	0.60
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Lempung padat	1.10
Kerikil kasar	1.20
Batu batu besar	1.50
Pasangan batu	1.50
Beton	1.50
Beton bertulang	1.50

(Sumber: Departemen PU.Pd.T-02-2006-B, Pedoman Perencanaan Sistem Drainase Jalan)

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) untuk gorong-gorong dan saluran terbuka dapat dilihat pada **Tabel 2.13**.

Tabel 2.13 Koefisien kekasaran Manning (n)

MATERIAL SALURAN	MANNING (n)
<i>Saluran tanpa pasangan</i>	
Tanah	0.020-0.025
Pasir dan kerikil	0.025-0.040
Dasar saluran batuan	0.025-0.035
<i>Saluran dengan pasangan</i>	0.015-0.017
Semen mortar	0.011-0.015
<i>Beton</i>	
Pasangan batu adukan basah	0.022-0.026

Lanjutan Tabel 2.13	
Pasangan batu adukan kering	0.018-0.022
<i>Saluran pipa</i>	0.011-0.015
Pipa beton sentrifugal	0.011-0.015
Pipa beton	
Pipa beton bergelombang	0.011-0.015
Liner plates	0.013-0.017
<i>Saluran terbuka</i>	
Saluran dengan plengsengan	
a. Aspal	0.013-0.017
b. Pasangan bata	0.012-0.018
c. Beton	0.011-0.020
d. Riprap	0.020-0.035
e. Tumbuhan	0.030-0.040
<i>Saluran galian</i>	
Earth, straight and uniform	0.020-0.030
Tanah, lurus dan seragam	0.025-0.010
Tanah cadas	0.030-0.015
Saluran tak terpelihara	0.050-0.14
<i>Saluran alam (sungai kecil, lebar atas saat banjir < 3 m)</i>	
Penampang agak teratur	0.03-0.070
Penampang tak teratur dengan palung sungai	0.010-0.100

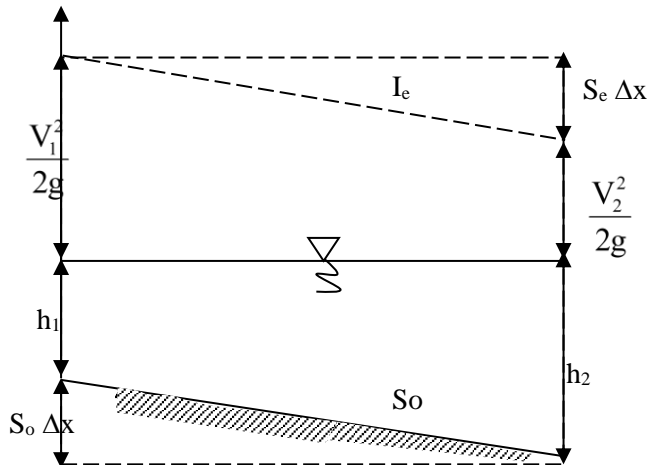
(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

2.2.2 Analisis Profil Muka Air

Perubahan dan gangguan seperti perubahan kemiringan dasar, perubahan elevasi dasar (pada terjunan), atau perubahan penampang saluran karena adanya pintu air, pelimpah atau perubahan muka air di hilirnya, menjadikan profil muka air berubah. Hal ini perlu diperhitungkan agar saluran tetap dapat mengalirkan air buangan dan tidak

terjadi peluapan, serta sebagai dasar menentukan bangunan pelengkap/pertolongan.

Aliran tidak seragam berubah lambat laun (*gradually varied flow*) dan terbatas pada tipe M_1 dan M_2 yang banyak ditemui dalam praktek. Sifat aliran adalah subkritis dan perhitungan dimulai dari hilir ke arah hulu. Metode yang dipakai untuk menggambarkan profil muka air adalah metode Tahapan Langsung.



Gambar 2.3 Sket definisi untuk perhitungan aliran tidak seragam, metode tahapan langsung

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

$$S_o \cdot \Delta x + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 0 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + S_e \cdot \Delta x \dots\dots\dots(2.28)$$

$$S_o \cdot \Delta x + E_1 = E_2 + S_e \cdot \Delta x \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_o - \bar{S}_{ert}} \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana :

S_o = kemiringan dasar saluran

S_e = kemiringan energi = $\frac{V^2 n^2}{R^{4/3}}$

$V =$

$$\frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.31)$$

$$S_{ert} = \frac{S_{e2} + S_{e1}}{2} \dots \dots \dots (2.32)$$

Dimana :

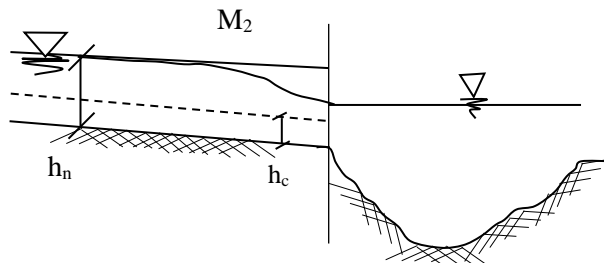
E = energi spesifik

Δx = jarak

$\Sigma \Delta x$ = panjang pengaruh backwater

Data yang diperlukan untuk perhitungan adalah debit (Q), kedalaman normal (h_n), kedalaman kritis (h_c), dan kemiringan dasar saluran (S_o). Berikut ini adalah tipe-tipe profil muka air.

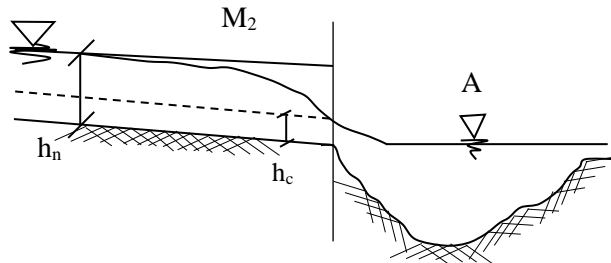
- Muka air di pembuangan akhir lebih rendah dari h_n dan lebih tinggi dari h_c . Sebagai kondisi batas hilir awal perhitungan adalah kedalaman air h



Gambar 2.4 Muka air hilir lebih rendah dari posisi h_n

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

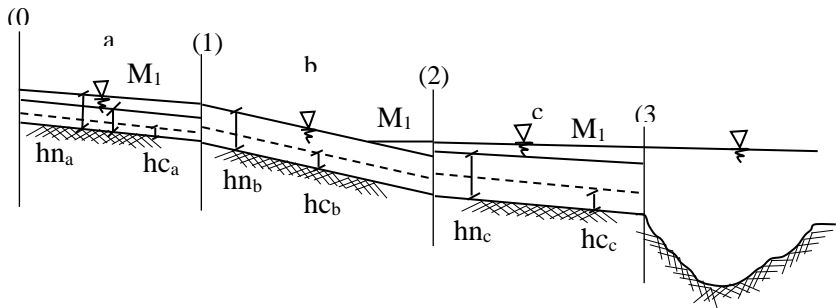
- Muka air di pembuangan akhir di bawah posisi h_c . Tipe aliran adalah M_2 . Sebagai awal perhitungan adalah h_c



Gambar 2.5 Muka air hilir lebih rendah dari posisi h_c

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

Profil muka air untuk saluran yang terdiri dari 3 ruas di bawah ini



Gambar 2.6 Profil M1 di hilir

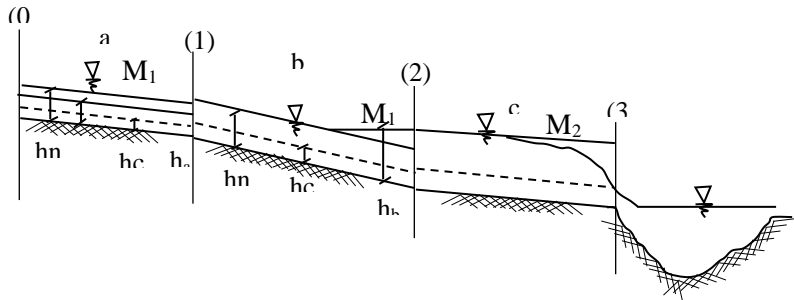
(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

Perhitungan dimulai dari kanan (hilir), Muka air yang menjadi batas hilir adalah h di penampang (3). Ada beberapa kemungkinan kejadian.

- Perhitungan dilanjutkan, sampai mencapai kedalaman normal h_{n2-3} , apabila $L_{2-3} > \text{panjang backwater } (\Sigma \Delta x)$,

maka perhitungan dihentikan. Untuk ruas berikutnya perhitungan dimulai dari $h_{nc..}$

- Apabila hasil $\Sigma \Delta x > L2-3.$, maka selanjutnya, sebagai h awal perhitungan, diambil h di penampang (2). Begitu seterusnya



Gambar 2.7 Profil M2 di hilir

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

BAB III METODOLOGI

Konsep umum penyelesaian Tugas Akhir ini adalah merencanakan sistem drainase kawasan Apartemen Royal Afather World untuk mengetahui debit banjir kawasan dari air hujan. Debit banjir tersebut kemudian dialirkan ke kolam tampung untuk ditahan terlebih dahulu supaya tidak langsung membebani saluran Kali Perbatasan di luar kawasan.

3.1 Studi Literatur

Mempelajari buku-buku yang terkait dengan perencanaan drainase kawasan untuk mendapatkan referensi penyelesaian masalah. Adapun literatur yang digunakan antara lain:

1. Soewarno. 1995. Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data. Jakarta : NOVA
2. Suripin, 2004. Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta : ANDI
3. Fifi Sofia. 2006. Modul Ajar Sistem dan Bangunan Drainase. Surabaya
4. Bambang Triatmodjo. 2014. Hidrologi Terapan. Yogyakarta : BETA OFFSET

3.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi riil wilayah studi dengan melakukan survei langsung. Adapun hal yang disurvei adalah kondisi saluran pembuang di luar kawasan studi.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk membantu jalannya studi. Jenis data-data yang dimaksud adalah sebagai berikut.

3.3.1 Data Hidrologi

Data hidrologi pada Tugas Akhir ini berupa data curah hujan dari pos penakar hujan yang berpengaruh terhadap lokasi studi.

3.3.2 Data Peta

Data peta terdiri dari

- Peta letak stasiun hujan Kota Surabaya dan Sidoarjo, karena lokasi studi berada di antara Kota Surabaya dan Sidoarjo. Peta ini digunakan untuk analisis hujan rata-rata wilayah, yaitu mengetahui stasiun hujan mana yang berpengaruh terhadap lokasi studi
- *Layout* lokasi studi, untuk merencanakan jaringan drainase lokasi studi

3.3.3 Data Hidrolika

Data hidrolika berupa data penampang eksisting dan elevasi muka air saluran Kali Perbatasan.

3.4 Analisis Data dan Perhitungan

3.4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana, intensitas hujan, koefisien limpasan, dan perhitungan debit rencana akibat hujan.

- Analisis Hujan Rata-Rata Wilayah
Analisis hujan rata-rata dalam hal ini adalah mengolah data-data hujan yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan. Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu metode Poligon *Thiessen*.
- Analisis Distribusi Hujan Rencana
Analisis distribusi hujan rencana dilakukan untuk mencari besarnya hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang yang ditentukan. Terdapat 5 macam metode distribusi peluang yang umum digunakan, yaitu
 1. Distribusi Gumbel
 2. Distribusi Normal

3. Distribusi Log Normal
4. Distribusi Log Pearson Tipe III
- Uji Kecocokan Parameter Distribusi
Uji kecocokan distribusi hujan dengan menggunakan uji Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov, kemudian dianalisis apakah metode yang dipilih memenuhi uji kecocokan atau tidak.
- Perhitungan Waktu Konsentrasi
Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik terjauh hingga mencapai titik yang ditinjau pada saluran, dengan memperhitungkan kemiringan daerah aliran dan kecepatan aliran saluran.
- Perhitungan Intensitas Hujan Rencana
Intensitas hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi per satuan waktu berdasarkan curah hujan harian dari stasiun hujan. Dalam Tugas Akhir ini, perhitungan intensitas hujan rencana menggunakan rumus Mononobe.
- Perhitungan Debit Rencana
Analisis debit banjir rencana menggunakan metode rasional dan dijadikan acuan untuk merencanakan dimensi saluran yang dibutuhkan.

3.4.2 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dilakukan untuk merencanakan dimensi saluran drainase untuk menampung limpasan, baik dari segi hidrolis maupun dari elevasi kawasan. akibat hujan.

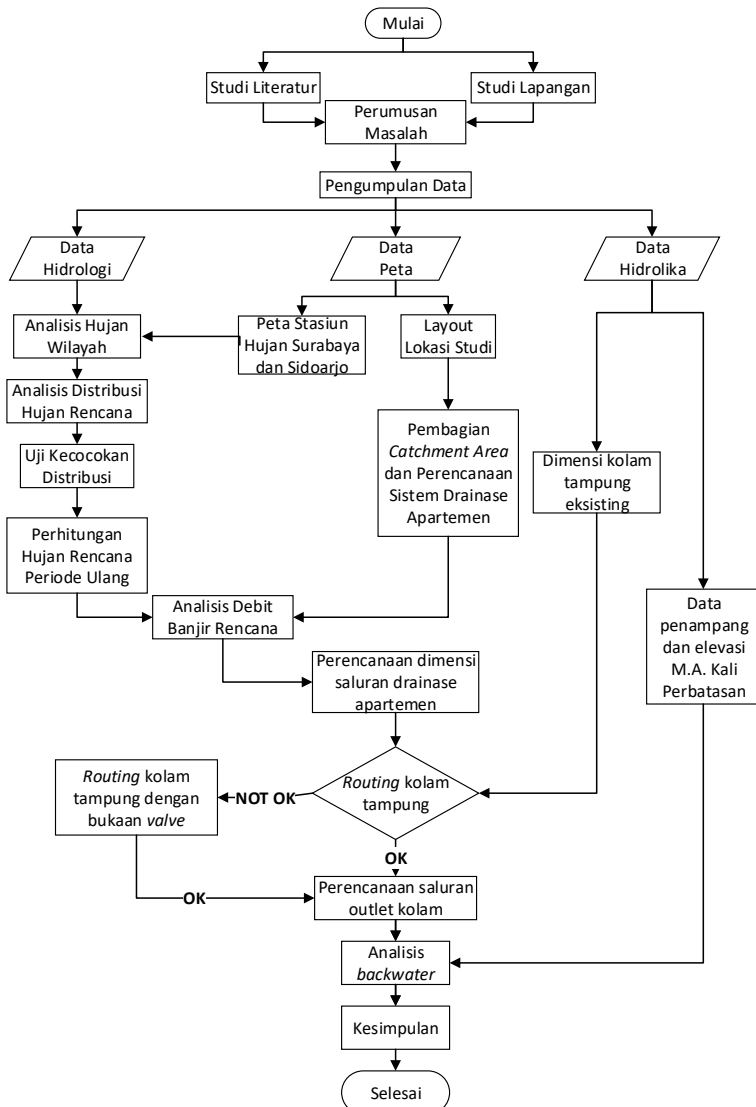
- Penentuan Koefisien Kekasaran Manning
Koefisien kekasaran Manning diperlukan jika permukaan dinding saluran dan dasar saluran berbeda. Setiap material saluran yang berbeda memiliki nilai kekasaran Manning yang berbeda.

- **Perhitungan Dimensi Saluran**
Dimensi saluran dihitung berdasarkan debit banjir yang telah dihitung pada analisis hidrologi.
- **Analisis Hidrograf Kolam Tampung**
Analisis hidrograf dimaksudkan untuk mengetahui berapa lama kolam tampung dapat menahan debit banjir kawasan sebelum dialirkan keluar menuju saluran Kali Perbatasan.
- **Routing Kolam Tampung**
Routing berfungsi untuk mengatur tinggi muka air kolam agar tidak melebihi ketinggian yang direncanakan. Pengaturannya dilakukan dengan cara menghitung debit yang harus dikeluarkan (outflow) untuk menurunkan h muka air kolam.
- **Analisis *Backwater***
Analisis *backwater* dilakukan pada outlet sistem drainase kawasan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kenaikan muka air saluran kota terhadap muka air saluran di dalam kawasan apartemen.

3.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan adalah rangkuman dari semua hasil analisis data dan pembahasan, sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini. Dari kesimpulan dapat diberikan saran-saran sebagai perbaikan pada penelitian selanjutnya terhadap sistem drainase kawasan apartemen ini.

Pada Gambar 3.1 berikut ini ditunjukkan diagram alir Metodologi Tugas Akhir.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perubahan Nilai Koefisien Pengaliran (C)

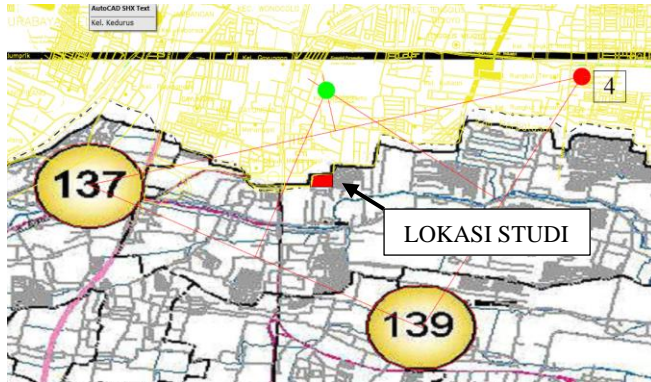
Sebelum dibangun superblok apartemen, kawasan yang menjadi lokasi studi Tugas Akhir ini adalah berupa lahan kosong berumput dengan kemiringan landai ($C = 0,2$). Pembangunan apartemen ini kemudian mengubah koefisien pengaliran lahan menjadi 0,8, dimana lahan menjadi kedap air/*impervious*, sehingga air hujan yang jatuh di kawasan tersebut sulit terinfiltrasi ke dalam tanah dan memperbesar aliran permukaan.

4.2 Analisis Hidrologi

4.2.1 Penentuan Hujan Wilayah

Sebelum menganalisis curah hujan rata-rata harian, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan letak stasiun hujan yang akan digunakan terlebih dahulu. Karena letak stasiun hujan akan mempengaruhi data curah hujan di suatu lokasi studi. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini digunakan metode poligon thiessen untuk menentukan stasiun hujan mana yang berpengaruh.

Ditinjau dari peta lokasi stasiun hujan Kota Surabaya dan Sidoarjo, ada 3 stasiun yang terdekat dari lokasi studi (diarsir dengan warna merah). Ketiga stasiun tersebut adalah Stasiun Hujan Ketegan dan Stasiun Hujan Bono yang berada di Kabupaten Sidoarjo, dan Stasiun Hujan Wonorejo yang berada di Surabaya. Analisis dilakukan dengan cara menghubungkan titik lokasi 3 stasiun tersebut, kemudian dipotong tegak lurus pada tengah sumbu hingga ketiga garis perpotongan. Hasilnya hanya terdapat 1 stasiun hujan yang berpengaruh, yaitu Stasiun Hujan Bono dengan nomor 139 (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Gambar luas daerah pengaruh stasiun hujan

(Sumber: *Master Plan Pengendalian Banjir Wilayah Utara Kabupaten Sidoarjo 2016*)

Data yang digunakan adalah data curah hujan harian selama 10 tahun, yaitu dari tahun 2007 hingga 2016. Data hujan harian Stasiun Hujan Bono mulai tahun 2007 hingga 2016 secara detail terdapat pada Lampiran.

Tabel 4.1 di bawah ini menampilkan curah hujan harian maksimum per tahunnya (R_{max}).

Tabel 4.1 Data hujan harian maksimum

No.	Tahun	R_{max} (mm)
1.	2007	60
2.	2008	75
3.	2009	75
4.	2010	170
5.	2011	140
6.	2012	100
7.	2013	155
8.	2014	157
9.	2015	100
10.	2016	105

(Sumber: *Dinas PU dan Penataan Ruang Kabupaten Sidoarjo*)

4.2.2 Analisis Distribusi Curah Hujan Maksimum Harian

Curah hujan harian rencana merupakan besaran curah hujan yang digunakan untuk menghitung debit banjir untuk setiap periode rencana yang akan ditentukan. Dalam analisis ini sesuai dengan kriteria saluran dan luasan daerah tangkapan ditentukan periode ulang rencana. Periode ulang rencana ini akan menunjukkan tingkat layanan dari sistem drainase yang direncanakan. Periode ulang rencana (*return period*) yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah 2 tahun. Penentuan pemakaian *return period* dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Periode ulang (tahun) untuk perencanaan saluran kota

No.	Distribusi	PUH (Tahun)
1	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
2	Saluran Sekunder	
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
3	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau :	
	Luas DAS (25-50)Ha	5
	Luas DAS (50-100)Ha	(5-10)
	Luas DAS (100-1300)Ha	(10-25)
	Luas DAS (1300-6500)Ha	(25-50)

(Sumber: Fifi Sofia, 2006)

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, analisis curah hujan maksimum harian rencana menggunakan metode Normal, Log-Normal, Log-Pearson III, dan metode Gumbel yang kemudian diambil hasil yang rasional.

1. Metode Normal, langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

a) Menyusun data-data curah hujan yang terbesar ke yang terkecil

b) Menghitung harga rata-rata curah hujan

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \text{ atau } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

c) Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata

$$(x - \bar{X}^2)$$

d) Menghitung harga standar deviasi data hujan

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

e) Menghitung harga koefisien variasi data hujan :

$$C_v = \frac{s}{x}$$

f) Menghitung harga koefisien kemencengan (*skewness*) data hujan

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

g) Menghitung harga koefisien kortosis (keruncingan) data hujan

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

h) Menghitung hujan rencana 2 tahun

$$X_T = \bar{X} + K_T x S$$

Dimana:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variant,

S = Deviasi standar nilai variant,

K_T = Faktor frekuensi

Tabel 4.3 Perhitungan data curah hujan maksimum Normal dan Gumbel

No.	Tahun	Rmax (X) (mm)	(X- \bar{X}) ²	(X- \bar{X}) ³	(X- \bar{X}) ⁴
1	2010	170	3169,69	178453,547	10046934,7
2	2014	157	1874,89	81182,737	3515212,512
3	2013	155	1705,69	70444,997	2909378,376

Lanjutan Tabel 4.3					
4	2011	140	691,69	18191,447	478435,0561
5	2016	105	75,69	-658,503	5728,9761
6	2012	100	187,69	-2571,353	35227,5361
7	2015	100	187,69	-2571,353	35227,5361
8	2008	75	1497,69	-57960,603	2243075,336
9	2009	75	1497,69	-57960,603	2243075,336
10	2007	60	2883,69	-154854,153	8315668,016
JUMLAH		1137	13772,1	71696,16	29827963,38

(Sumber: Hasil perhitungan)

- Menghitung harga rata-rata curah hujan

$$\bar{X} = \frac{1}{10} \times 1137 = 113,7 \text{ mm}$$

- Menghitung harga standar deviasi data hujan

$$S = \sqrt{\frac{1}{10-1} \times 13772,1} = 39,1182 \text{ mm}$$

- Menghitung harga koefisien variasi data hujan

$$C_v = \frac{39,1182}{113,7} = 0,34405$$

- Menghitung harga koefisien kemencengan (skewness) data hujan

$$C_s = \frac{10}{(10-1) \times (10-2) \times 39,1182^3} \times 71696,16$$

$$C_s = 0,16635$$

- Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan

$$C_k = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \times 39,1182^4} \times 29827963,4$$

$$= 2,5274$$

- Menghitung hujan rencana 2 tahun

Dengan melihat Tabel 2.6 periode ulang 2 tahun, nilai $K_T = 0$

$$X_2 = 113,7 + 0 \times 39,1182$$

$$= \underline{113,7 \text{ mm}}$$

2. Metode Gumbel

Untuk hasil dari perhitungan metode Gumbel, harga curah hujan rata-rata, harga standar deviasi, harga C_v ,

harga Cs, dan harga Ck sama dengan harga hasil dari perhitungan metode Normal.

$$X_T = \bar{X} + KxS$$

dimana:

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung varian,

S= Deviasi standar nilai varian,

Nilai K (faktor probabilitas) untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

dimana:

Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel atau data n (Tabel 2.3)

S_n = *reduced standard deviation* yang tergantung pada jumlah sampel atau data n (Tabel 2.4)

Y_{Tr} = *reduced variate*, yang nilainya dapat dilihat pada Tabel 2.5

Y_{Tr} untuk periode ulang 2 tahun = 0,3665

Jumlah data = 10

Y_n = 0,4952 (Tabel 2.3)

S_n = 0,9452 (Tabel 2.4)

$$K = \frac{0,3665 - 0,4952}{0,9452} = -0,1355$$

$$X_2 = 113,7 + (-0,1355) \times 39,1182 = \underline{108,399 \text{ mm}}$$

3. Metode Log-Normal, langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

- Menyusun data-data curah hujan dari yang terbesar ke terkecil
- Mengubah data X menjadi $Y = \log X$
- Menghitung harga rata-rata curah hujan:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

- d) Menghitung kuadrat dari selisih curah hujan dengan curah hujan rata-rata:

$$(y - \bar{Y}^2)$$

- e) Menghitung harga standar deviasi data hujan:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

- f) Menghitung harga koefisien variasi data hujan:

$$C_v = \frac{S}{\bar{Y}}$$

- g) Menghitung harga koefisien Kemnecengan (skewness) data hujan:

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3$$

- h) Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^4$$

- i) Menghitung hujan rencana 2 tahun:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T x S$$

dimana:

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variant,

S = Deviasi standar nilai variant,

K_T = Faktor frekuensi

Tabel 4.4 Perhitungan data curah hujan maksimum Log-Normal dan Log-Pearson III

No.	Tahun	Rmax (X) (mm)	Y=LOG X	(Y- \bar{Y})	(Y- \bar{Y}) ²	(Y- \bar{Y}) ³	(Y- \bar{Y}) ⁴
1	2010	170	2,230	0,199	0,03969	0,00791	0,00158
2	2014	157	2,196	0,165	0,02712	0,00447	0,00074
3	2013	155	2,190	0,159	0,02531	0,00403	0,00064
4	2011	140	2,146	0,115	0,01320	0,00152	0,00017
5	2016	105	2,021	-0,010	0,00010	0,00000	0,00000
6	2012	100	2	-0,031	0,00098	-0,00003	0,00000
7	2015	100	2	-0,031	0,00098	-0,00003	0,00000
8	2008	75	1,875	-0,156	0,02439	-0,00381	0,00059
9	2009	75	1,875	-0,156	0,02439	-0,00381	0,00059

Lanjutan Tabel 4.4							
10	2007	60	1,778	-0,253	0,06405	-0,01621	0,00410
JUMLAH		1137	20,312	0,000	0,22020	-0,00597	0,00842

(Sumber: Hasil perhitungan)

- Menghitung harga rata-rata curah hujan:

$$\bar{Y} = \frac{1}{10} \times 20,312 = 2,0312 \text{ mm}$$
- Menghitung harga standar deviasi data hujan:

$$S = \sqrt{\frac{1}{10-1} \times 0,2202} = 0,1564 \text{ mm}$$
- Menghitung harga koefisien variasi data hujan:

$$C_v = \frac{0,1564}{2,0312} = 0,077$$
- Menghitung harga koefisien kemencengan (skewness) data hujan:

$$C_s = \frac{10}{(10-1) \times (10-2) \times 0,1564^3} \times (-0,00597)$$

$$C_s = -0,2167$$
- Menghitung harga koefisien kortusis (keruncingan) data hujan:

$$C_k = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \times 0,1564^4} \times 0,00842$$

$$= 2,7906$$
- Menghitung hujan rencana 2 tahun:
 Dengan melihat Tabel 2.6 periode ulang 2 tahun, nilai $K_T = 0$

$$Y_2 = 2,0312 + 0 \times 0,1564$$

$$= 2,0312 \text{ mm}$$

$$\text{Antilog } Y_2 = \underline{107,455 \text{ mm}}$$

4. Metode Log Pearson III

Untuk hasil dari perhitungan metode Log-Pearson III, harga curah hujan rata-rata, harga standar deviasi, harga C_v , harga C_s , dan harga C_k sama dengan harga hasil dari perhitungan metode log Normal.
 Menghitung hujan rencana 2 tahun:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T x S$$

dimana:

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitung variant,

S = Deviasi standar nilai variant,

K_T = Faktor frekuensi

Dengan melihat Tabel 2.7 periode ulang 2 tahun, dilakukan interpolasi sehingga didapat nilai $K_T = 0,036$

$$Y_2 = 2,0312 + 0,036 \times 0,1564$$

$$= 2,037 \text{ mm}$$

$$\text{Antilog } Y_2 = \underline{108,85 \text{ mm}}$$

Untuk menentukan distribusi hujan rencana yang sesuai dengan syarat-syarat parameter statistiknya, dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Syarat parameter statistik

Distribusi	Parameter Statistik	Syarat
Normal	Cs	Sama/mendekati = 0
	Ck	Sama/mendekati = 3
Gumbel	Cs	Sama/mendekati = 1.139
	Ck	Sama/mendekati = 5.402
Log-Pearson III	Cs	Fleksibel
	Ck	$Ck = 1.5 \times Cs^2 + 3$
Log-Normal	Cs	$Cs = Cv^3 + 3 \times Cv$
	Ck	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$

(Sumber: Sri Harto, 1993)

Berdasarkan syarat parameter statistik diatas, berikut ini adalah rekap perhitungan Cs dan Ck untuk seluruh jenis distribusi.

Tabel 4.6 Rekap Cs dan Ck perhitungan distribusi

Distribusi	Statistik	Syarat	Hasil	Kesimpulan
Normal	Cs	Sama/mendekati = 0	0,1664	OK
	Ck	Sama/mendekati = 3	2,5274	OK
Gumbel	Cs	Sama/mendekati = 1.139	0,1664	NO
	Ck	Sama/mendekati = 5.402	2,5274	NO
Log-Pearson III	Cs	Fleksibel	-0,2167	OK
	Ck	Sama/mendekati = 4.466	2,7906	NO
Log-Normal	Cs	Sama/mendekati = 0.186	-0,2167	NO
	Ck	Sama/mendekati = 3.062	2,7906	OK

(Sumber: Hasil perhitungan)

Karena hanya nilai Cs dan Ck dari distribusi Normal yang memenuhi syarat parameter statistik, maka selanjutnya dapat dilakukan **uji kecocokan terhadap Distribusi Normal**.

4.2.3 Uji Kecocokan Parameter Distribusi

Untuk menentukan kecocokan (*The Goodness of Fit Test*) distribusi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut maka diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan adalah:

- Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square*)
- Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Umumnya pengujian dilaksanakan dengan menggambarkan data pada kertas peluang dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva frekuensi teoritisnya.

4.2.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data analisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut Chi-Kuadrat. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum_{t=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

X_h^2 = Paramater uji Chi-Kuadrat

G = Jumlah sub kelompok (minimal 4 data)

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Prosedur pengujian Chi-Kuadrat adalah:

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
2. Kelompokkan data menjadi G *sub-group*, tiap-tiap *sub group* minimal 4 data pengamatan
3. Jumlahkan data pengamatan tiap-tiap *sub-group* (O_i)
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan (E_i)
5. Tiap-tiap *sub-group* hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G *sub-group* nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-Kuadrat hitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai R = 2, untuk distribusi Normal dan Binomial, dan R = 1, untuk distribusi Poisson).

Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima,
2. Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi tidak dapat diterima,
3. Apabila peluang berada di antara 1-5%, maka tidak memungkinkan mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

(Sumber: Suripin, 2004)

Perhitungan Chi-Kuadrat

Banyak data	= 10
Taraf signifikan α	= 5%
Jumlah sub kelompok (G)	= $1 + 3.322 \log(n)$ = $1 + 3.322 \log(10)$ = 4,322 → pakai 5
Derajat kebebasan (dk)	: $G - R - 1$: $5 - 2 - 1$: 2

Dengan derajat kepercayaan $\alpha = 5\%$, dan $dk = 2$, maka dari Tabel 2.8 diperoleh $X^2 = 5,991$. Dari hasil perhitungan jumlah kelas distribusi (G), terdapat 5 sub kelompok dengan interval peluang (P) = 0.20, maka besarnya peluang untuk setiap grup adalah:

- Sub grup 1 : $P \leq 0.20$
- Sub grup 2 : $0.20 < P \leq 0.40$
- Sub grup 3 : $0.40 < P \leq 0.60$
- Sub grup 4 : $0.60 < P \leq 0.80$
- Sub grup 5 : $P > 0.80$

Mengacu pada distribusi normal yang memenuhi uji syarat parameter statistik, persamaan yang digunakan dalam metode distribusi normal adalah:

$$Y_{TR} = 113.7 + k \times 39.1182$$

$$= \underline{146.56 \text{ mm}}$$

Nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.6 sesuai periode ulang.

- Untuk $P = 0.80$, $T = \frac{1}{0.8} = 1.25$ tahun $\rightarrow k = -0.84$

$$Y_{TR} = 113.7 + (-0.84) \times 39.1182$$

$$= 80.4807 \text{ mm}$$
- Untuk $P = 0.60$, $T = \frac{1}{0.6} = 1.67$ tahun $\rightarrow k = -0.25$

$$Y_{TR} = 113.7 + (-0.25) \times 39.1182$$

$$= 103.92 \text{ mm}$$
- Untuk $P = 0.40$, $T = \frac{1}{0.4} = 2.5$ tahun $\rightarrow k = 0.25$

$$Y_{TR} = 113.7 + (0.25) \times 39.1182$$

$$= 123.48 \text{ mm}$$
- Untuk $P = 0.20$, $T = \frac{1}{0.2} = 5$ tahun $\rightarrow k = 0.84$

$$Y_{TR} = 113.7 + (0.84) \times 39.1182$$

$$= 146.56 \text{ mm}$$

Selanjutnya perhitungan dapat ditabelkan seperti berikut ini:

Tabel 4.7 Uji Chi-Kuadrat distribusi Normal

NO.	Nilai Batas Sub Kelompok	O _i	E _i	(O _i -E _i)	(O _i -E _i) ² /E _i
1	$x \leq 80.4807$	3	2	1	0.5
2	$80.4807 < x < 103.92$	1	2	-1	0.5
3	$103.92 < x < 123.48$	1	2	-1	0.5
4	$123.48 < x < 146.56$	2	2	0	0
5	$x \geq 146.56$	3	2	1	0.5
JUMLAH		10	10		2

(Sumber: Hasil perhitungan)

Dari perhitungan Chi-Kuadrat untuk distribusi hujan dengan metode Normal diperoleh nilai $Xh^2 = 2$, sedangkan nilai kritis Chi-Kuadrat dari Tabel 2.8 = 5.991. Syarat uji Chi-Kuadrat adalah $Xh^2 < X^2 \rightarrow 2 < 5.991$, maka **hipotesis dapat diterima.**

4.2.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, sering disebut juga uji kecocokan non-parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis
4. Berdasarkan Tabel 2.9, ditentukan harga D_0
5. Apabila D_{maks} lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima. Apabila D_{maks} lebih besar dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Perhitungan Smirnov-Kolmogorov

- a) Mengurutkan data hujan maksimum dari yang terbesar ke yang terkecil. Didapatkan curah hujan yang terbesar ialah pada tahun 2010, $X = 170$ mm

- m (peringkat) : 1
- n (jumlah data hujan) : 10
- \bar{X} (curah hujan rata²) : 113,7 mm
- S (standar deviasi) : 39,1182
- Rumus Peluang :

$$P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,09091$$

$$P(X <) = 1 - P(X) = 1 - 0,09091 = 0,90909$$

b) Nilai $f(t)$ dapat dicari dengan rumus:

$$f(t) = \frac{(x - \bar{x})}{s} = \frac{(170 - 113.7)}{39,1182} = 1.44$$

c) Nilai $P'(X <)$ didapat dari melihat Probabilitas $f(t)$ (lampiran) wilayah luas dibawah kurva normal:

$$P'(X <) = 0.9251$$

Maka

$$\begin{aligned} P'(X) &= 1 - P'(X <) \\ &= 1 - 0.9251 \\ &= 0.0749 \end{aligned}$$

d) Nilai D dapat dicari dengan rumus:

$$\begin{aligned} D &= |P(X) - P'(X)| \\ &= |0.09091 - 0.0749| \\ &= 0.01601 \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Uji Smirnov-Kolmogorov Distribusi Normal

NO	X URUT	m	P(X)=m/(n+1)	P(X<)	f(t)	P'(X<)	P'(X)	D
	1	2	3	4	5	6	7	8
2010	170	1	0,091	0,909	1,44	0,9251	0,075	0,016
2014	157	2	0,182	0,818	1,11	0,8665	0,134	0,048
2013	155	3	0,273	0,727	1,06	0,8554	0,145	0,128
2011	140	4	0,364	0,636	0,67	0,7486	0,251	0,112
2016	105	5	0,455	0,545	-0,22	0,4129	0,587	0,133
2012	100	6	0,545	0,455	-0,35	0,3632	0,637	0,091
2015	100	7	0,636	0,364	-0,35	0,3632	0,637	0,000
2008	75	8	0,727	0,273	-0,99	0,1611	0,839	0,112
2009	75	9	0,818	0,182	-0,99	0,1611	0,839	0,021
2007	60	10	0,909	0,091	-1,37	0,0853	0,915	0,006

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan diatas, diperoleh $D_{max} = 0.133$. Selanjutnya nilai D_o ditentukan dari Tabel 2.9, dengan data hujan 10 tahun dan $\alpha = 5\%$ didapat nilai $D_o = 0.41$. Syarat uji Smirnov-Kolmogorov ialah nilai $D_{max} < D_o$, sehingga hipotesis dapat diterima.

4.2.3.3 Kesimpulan Analisis Frekuensi

Berdasarkan perhitungan di atas, kesimpulan yang diperoleh dari hasil Uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov adalah distribusi Normal memenuhi syarat yang diizinkan (hipotesis diterima). Sehingga untuk pengerjaan Tugas Akhir ini, Distribusi Normal dapat digunakan sebagai curah hujan rencana dengan $X_2 = 113,7 \text{ mm}$.

4.2.4 Analisis Debit Banjir Rencana (Q Hidrologi)

Perencanaan sistem drainase apartemen ini terikat dengan prinsip Zero delta Q, dimana debit yang keluar dari suatu kawasan setelah bangunan didirikan harus sama atau setidaknya mendekati besarnya debit banjir kawasan sebelum bangunan didirikan. Sebagai acuan untuk merencanakan sistem drainasenya, debit banjir dari lahan sebelum dibangun apartemen harus dihitung terlebih dahulu.

$$C \text{ lahan} = 0,2$$

$$A \text{ lahan} = 59924 \text{ m}^2$$

$$n \text{ lahan} = 0,4$$

$$\ell = 250 \text{ m (dari titik terjauh lahan ke saluran kota)}$$

$$s \text{ lahan} = 0,02$$

$$t_0 \text{ lahan} = 1,44 \times \left(0,4 \times \frac{250}{\sqrt{0,02}}\right)^{0,467} = 30,84 \text{ menit}$$

$$R_{24} = 113,7 \text{ mm}$$

$$\text{Intensitas hujan} = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{30,84}\right)^{2/3} = 61,43 \text{ mm/jam}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} C I A$$

$$= \frac{1}{3,6} 0,2 \times 61,43 \times 59924 / 10^6 = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa debit banjir apartemen yang akan direncanakan harus mendekati nilai $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ supaya prinsip Zero delta Q dapat terpenuhi.

Namun, pada subbab 4.1 telah disebutkan bahwa pembangunan apartemen ini menyebabkan nilai C lahan berubah menjadi 4 kali lebih besar. Nilai C yang besar otomatis akan mempengaruhi besarnya debit banjir kawasan, karena perhitungan debit banjir untuk Tugas Akhir ini menggunakan rumus rasional (lihat subbab 2.1.3.4). Sehingga untuk memenuhi syarat Zero delta Q, harus ada sebagian debit yang ditahan di dalam kawasan. Hal ini dilakukan supaya saluran kota tidak menerima seluruh debit banjir apartemen secara bersamaan, yang dapat mengakibatkan peluapan saluran kota.

Oleh sebab itu, untuk apartemen ini direncanakan $\leq 50\%$ debit banjir boleh dibuang ke saluran kota, sedangkan $\geq 50\%$ sisanya ditahan di kolam tampung apartemen sampai hujan reda. Berikut ini adalah perhitungan untuk mengetahui apakah konsep perencanaan tersebut memungkinkan untuk diterapkan pada Tugas Akhir ini.

$$R_2 = 113,7 \text{ mm}$$

$$A \text{ kawasan apartemen} = 60222,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Vol. hujan} = 113,7/1000 \times 60222,6 = 6847,31 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. tampungan kolam} = 265 \times 15 \times 0,9 = 3577,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. hujan tertampung} = \frac{3577,5}{6847,31} \times 100\% = 52,2\% \text{ (OK)}$$

Berdasarkan konsep pembagian debit di atas, maka perhitungan debit banjir rencana apartemen dibagi menjadi 2 sistem, yaitu sistem drainase atas (tower apartemen) dan sistem drainase bawah (akses jalan kendaraan). Debit dari sistem drainase bawah langsung dibuang ke saluran Kali Perbatasan, sedangkan debit dari sistem drainase atas ditahan di kolam tampung. Pembagian menjadi 2 sistem ini juga disesuaikan dengan layout perencanaan apartemen yang tidak biasa, dimana elevasi muka air kolam berada di atas elevasi jalan kendaraan.

Sebagai gambaran, berikut ini adalah gambar 3D desain *layout* kawasan apartemen.



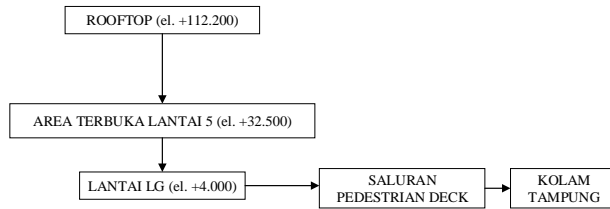
Gambar 4.2 Gambar 3D Tower sebelah Utara Apartemen Royal Afather World

4.2.4.1 Perhitungan Q Hidrologi Sistem Drainase Atas

Di kawasan Apartemen Royal Afather World terdapat 6 tower di sisi selatan dan 7 tower di sisi utara. Di sisi selatan maupun utara, tower-tower tersebut tergabung dengan gedung parkir besar di bawahnya menjadi satu bangunan setinggi 112,2 m. Untuk lebih detailnya, bagian-bagiannya adalah sebagai berikut.

- tower-tower apartemen berada di elevasi +112,2 m hingga +32,5 m
- area terbuka lantai 5 pada elevasi +32,5 m
- gedung parkir dari elevasi +32,5 m hingga 0,00 (permukaan jalan)

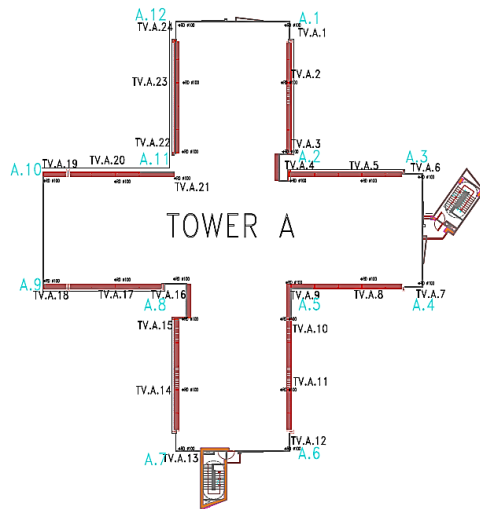
Berikut ini merupakan diagram pengaliran air hujan pada sistem drainase atas secara garis besar.



Gambar 4.3 Diagram pengaliran sistem drainase atas

a. Perhitungan Waktu Konsentrasi (t_c) pada Atap Tower Apartemen

Pengaliran air hujan dari *roofdrain* di atap menuju ke saluran di lantai 5 menggunakan talang vertikal. Berikut ini adalah contoh perhitungan t_c pada talang vertikal TV.A.1 yang terletak di Tower A.



Gambar 4.4 Contoh denah *roofdrain* pada Tower A

- Catchment area atap = $57,9 \text{ m}^2$
- t_0 pada Atap nd atap = $0,02$

$\ell = 10 \text{ m}$ (dari titik terjauh ke lubang talang)

$s_{\text{atap}} = 0,002$

$$t_0 = 1,44 \times \left(0,02 \times \frac{10}{\sqrt{0,002}}\right)^{0,467} = 2,9 \text{ menit}$$

Rekap perhitungan t_0 seluruh talang vertikal terdapat pada Lampiran.

- t_f pada Talang Vertikal

$L_{\text{talang}} = 79,7 \text{ m}$

$$V = \sqrt{2 g h}$$

$$= \sqrt{2 \times 9,81 \times 79,7} = 39,54 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{79,7}{39,54/60} = 0,03 \text{ menit}$$

- t_c pada Talang Vertikal

$$t_c = t_0 + t_f = 2,9 + 0,03 = 2,93 \text{ menit}$$

Rekap perhitungan t_c seluruh talang vertikal terdapat pada Lampiran.

- Perhitungan Q Hidrologi di Lantai 5 (Area Terbuka)

Saluran di lantai 5 dibuat di sekeliling tower apartemen. Selain berfungsi untuk menampung air hujan yang berasal dari talang vertikal dari atap, saluran-saluran tersebut juga menampung limpasan permukaan lantai 5 yang bersifat *impervious*. Saluran-saluran tersebut ditutup dengan pelat beton dengan lubang-lubang sebagai inlet.

Berikut ini adalah contoh perhitungan dimensi saluran E7-D10.

- *Catchment area*

$$\text{Talang vertikal TV.D.20} = 55,63 \text{ m}^2$$

$$\text{Talang vertikal TV.D.19} = 45,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Talang vertikal TV.D.18} = 66 \text{ m}^2$$

$$\text{Permukaan } \textit{impervious} = 264,323 \text{ m}^2$$

$$\sum C.A = 431,193 \text{ m}^2$$

- Koefisien pengaliran (C)

$$C_{\text{atap}} = C_{\textit{impervious}} = 0,8$$

- t_0 saluran
 t_0 saluran diambil dari waktu terpanjang yang dibutuhkan oleh air hujan menuju ke saluran, yaitu dengan membandingkan t_c talang-talang vertikal dan t_0 permukaan *impervious*. Setelah dibandingkan, didapatkan $t_0 = 3,52$ menit
- t_f saluran
 L saluran = 22,45 m
 V saluran = $\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$
 Direncanakan saluran dengan dimensi sebagai berikut.
 $b = 0,4$ m $P = b + 2(h - h_1)$
 $h = 0,3$ m $= 0,4 + 2(0,3 - 0,1)$
 $s = 0,001$ $= 0,8$ m
 $n = 0,02$ $R = A/P = 0,1$ m
 $h_1 = 0,1$ m
 $A = b(h - h_1)$
 $= 0,4(0,3 - 0,1)$
 $= 0,08$ m²
 $V = \frac{1}{0,02} \times 0,1^{2/3} \times 0,001^{1/2} = 0,34$ m/s
 $t_f = \frac{L}{V} = \frac{22,45}{0,34/60} = 1,1$ menit
- $t_c = t_0 + t_f = 4,62$ menit
- Intensitas hujan (I)
 $I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{2/3} = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{4,62/60}\right)^{2/3}$
 $= 217,77$ mm/jam
- Q hidrologi
 $Q = \frac{1}{3,6} C I A$
 $= \frac{1}{3,6} 0,8 \times 217,77 \times \frac{431,193}{10^6}$
 $= 0,021$ m³/s

Rekap hasil perhitungan Q hidrologi seluruh saluran di lantai 5 terdapat pada **Lampiran**.

- c. Talang Vertikal (el. +32,250 s.d. +4,000)
Saluran-saluran di lantai 5 selanjutnya dihubungkan menuju beberapa talang vertikal untuk mengalirkan debit dari atas ke lantai LG. Seluruh talang vertikal dari lantai 5 ke lantai LG memiliki spesifikasi yang sama, yaitu sebagai berikut.

$$L \text{ talang} = 28,25 \text{ m}$$

$$D \text{ talang} = 0,1 \text{ m}$$

$$V \text{ talang} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 28,25} = 23,54 \text{ m/s}$$

$$t_f \text{ talang} = \frac{28,25}{23,54 / 60} = 0,02 \text{ menit}$$

Berikut ini adalah rekap talang vertikal yang ada dan saluran-saluran lantai 5 yang menjadi inletnya.

Tabel 4.9 Inlet-inlet talang vertikal di tower sisi selatan

TOWER SISI SELATAN	
Talang Vertikal	Menerima debit dari saluran
TV.SB.N3	N4-N3
TV.SB.N10	N11-N10
	N9-N10
TV.SB.K1	K12-K1
TV.SB.K3	K2-K3
	K4-K3
TV.SB.I1'	I10-I1'
	I1-I1'
TV.SB.I3	I4-I3
TV.SB.M12	M1-M12
TV.SB.M10	M11-M10
TV.SB.M7	M8-M7
TV.SB.M6	M5-M6
TV.SB.L6'	L6-L6'
TV.SB.L5'	L5-L5'
TV.SB.J6	J7-J6

Tabel 4.10 Inlet-inlet talang vertikal di tower sisi utara

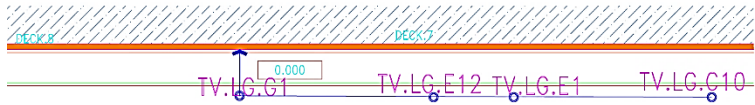
TOWER SISI UTARA	
Talang Vertikal	Menerima debit dari saluran
TV.LG.G1	H5-G1
TV.LG.G2	G1-G2
TV.LG.G3	G4-G3
TV.LG.H2	G3-H2
	H4-H2
TV.LG.H5	H4-H5
TV.LG.D5	D4-D5
TV.LG.D6	D7-D6
TV.LG.E1	E2-E1
TV.LG.E12	E11-E12
TV.LG.C1	C2-C1
TV.LG.C10	C9-C10
TV.LG.B5	B6-B5
	B4-B5
TV.LG.B6	B7-B6
TV.LG.B3	B2-B3
TV.LG.A6	A7-A6
TV.LG.A4	A3-A4
	A5-A4
TV.LG.A1	A2-A1
TV.LG.A12	A11-A12

d. Perhitungan Q Hidrologi Talang Horizontal di Lantai LG

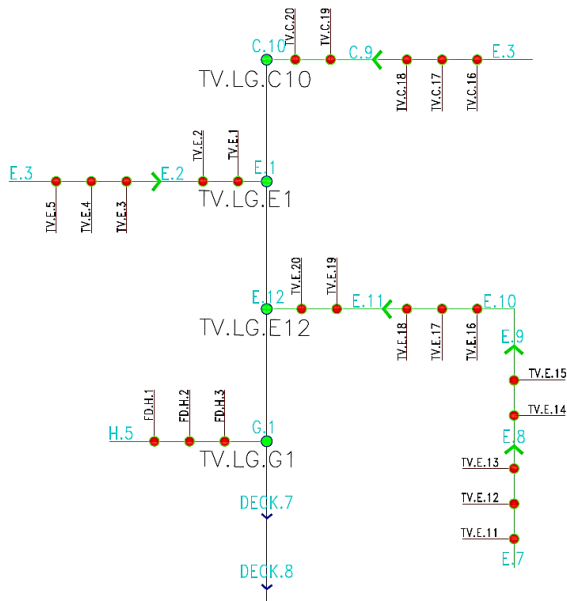
Talang-talang vertikal yang mencapai lantai LG kemudian dihubungkan dengan saluran tertutup berupa talang horizontal untuk mengalirkan debit menuju ke saluran inlet kolam tampung.

Berikut ini adalah contoh perhitungan satu jaringan (*line*) talang horizontal di lantai LG, dengan skema

yang terlihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.5 Salah satu skema *line* talang horizontal pada LG yang menghubungkan talang-talang vertikal menuju ke kolom



Gambar 4.6 Skema garis yang menunjukkan detail *catchment area* yang masuk ke danau

- Talang Horizontal TH.LG.B15
Menghubungkan talang vertikal TV.LG.C10 dengan TV.LG.E1
- t_0 Talang
 $t_0 = t_c \text{ TV.LG.C10}$
 $= t_c \text{ saluran C9-C10} + t_f \text{ TV.LG.C10}$

$$= 4,59 + 0,02 = 4,61 \text{ menit}$$

- tf Talang

$$L \text{ talang} = 33,3 \text{ m}$$

$$D \text{ talang} = 0,1 \text{ m}$$

$$s \text{ rencana} = 0,0005$$

$$n \text{ talang} = 0,012 \text{ (baja)}$$

$$d \text{ talang} = 0,075 \text{ m (tinggi air di dalam talang)}$$

$$A \text{ talang} = \frac{1}{8} (240 - \sin(240)) \times 0,1^2 = 0,3 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{1}{4} \times \frac{(1 - \sin(240))}{240} \times 0,1 = 0,025 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,012} \times 0,0251^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,16 \text{ m/s}$$

$$tf \text{ talang} = \frac{33,3}{0,16 / 60} = 3,48 \text{ menit}$$

- tc Talang

$$tc = t_0 + tf = 8,09 \text{ menit}$$

- Intensitas hujan (I)

$$I = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{8,09 / 60} \right)^{2/3} = 193,26 \text{ mm/jam}$$

- Q hidrologi

$$Q = \frac{1}{3,6} 0,8 \times 193,26 \times \frac{462,7}{10^6} = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Talang Horizontal TH.LG.B16

Menghubungkan talang vertikal TV.LG.E1 dengan TV.LG.E12

- t_0 Talang

$$t_0 = tc \text{ TH.LG.B15}$$

$$= 8,09 \text{ m}$$

- tf Talang

$$L \text{ talang} = 13,5 \text{ m}$$

$$D \text{ talang} = 0,1 \text{ m}$$

$$s \text{ rencana} = 0,0005$$

$$n \text{ talang} = 0,012 \text{ (baja)}$$

$$d \text{ talang} = 0,075 \text{ m}$$

$$A_{\text{talang}} = \frac{1}{8} (240 - \sin(240)) \times 0,1^2 = 0,3 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{1}{4} \times \frac{(1 - \sin(240))}{240} \times 0,1 = 0,025 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,012} \times 0,0251^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,16 \text{ m/s}$$

$$t_f \text{ talang} = \frac{13,5}{0,16/60} = 1,41 \text{ menit}$$

- tc Talang

$$t_c = t_0 + t_f = 9,5 \text{ menit}$$

- Intensitas hujan (I)

$$I = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{9,5/60} \right)^{2/3} = 173,64 \text{ mm/jam}$$

- Q hidrologi

$$= \frac{1}{3,6} 0,8 \times 173,64 \times \frac{(462,7 + 422,8)}{10^6}$$

$$= 0,034 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Talang Horizontal TH.LG.B17

Menghubungkan talang vertikal TV.LG.E12 dengan TV.LG.G1

- t_0 Talang

$$t_0 = t_c \text{ TH.LG.B16}$$

$$= 9,5 \text{ m}$$

- t_f Talang

$$L_{\text{talang}} = 32,65 \text{ m}$$

$$D_{\text{talang}} = 0,15 \text{ m}$$

$$s_{\text{rencana}} = 0,0005$$

$$n_{\text{talang}} = 0,012 \text{ (baja)}$$

$$d_{\text{talang}} = 0,113 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{8} (240 - \sin(240)) \times 0,15^2 = 0,68 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{1}{4} \times \frac{(1 - \sin(240))}{240} \times 0,15 = 0,038 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,012} \times 0,038^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,21 \text{ m/s}$$

$$t_f \text{ talang} = \frac{32,65}{0,21/60} = 2,6 \text{ menit}$$

- tc Talang

$$t_c = t_0 + t_f = 12,1 \text{ menit}$$

- Intensitas hujan (I)

$$I = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{12,1/60} \right)^{2/3} = 147,8 \text{ mm/jam}$$

- Q hidrologi

$$= \frac{1}{3,6} 0,8 \times 147,8 \times \frac{(462,7 + 422,8 + 1228,6)}{10^6}$$

$$= 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Talang Horizontal TH.LG.B18

Menghubungkan talang vertikal TV.LG.G1 dengan saluran DECK.7-DECK.8 di sisi kolam

- t_0 Talang

$$t_0 = t_c \text{ TH.LG.B17}$$

$$= 12,1 \text{ m}$$

- t_f Talang

$$L \text{ talang} = 7,7 \text{ m}$$

$$D \text{ talang} = 0,15 \text{ m}$$

$$s \text{ rencana} = 0,0005$$

$$n \text{ talang} = 0,012 \text{ (baja)}$$

$$d \text{ talang} = 0,113 \text{ m}$$

$$A = \frac{1}{8} (240 - \sin(240)) \times 0,15^2 = 0,68 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{1}{4} \times \frac{(1 - \sin(240))}{240} \times 0,15 = 0,038 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0,012} \times 0,038^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,21 \text{ m/s}$$

$$t_f \text{ talang} = \frac{7,7}{0,21/60} = 0,61 \text{ menit}$$

- t_c Talang

$$t_c = t_0 + t_f = 12,71 \text{ menit}$$

- Intensitas hujan (I)

$$I = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{12,71/60} \right)^{2/3} = 143 \text{ mm/jam}$$

- Q hidrologi

$$= \frac{1}{3,6} 0,8 \times 143 \times \frac{(462,7 + 422,8 + 1228,6 + 581)}{10^6}$$

$$= 0,086 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rekap hasil perhitungan Q hidrologi seluruh *line* talang horizontal di lantai LG terdapat pada **Lampiran.**

e. Perhitungan Q Hidrologi Saluran Inlet Kolam Tampung

Saluran-saluran ini utamanya berfungsi untuk menampung limpasan air hujan dari *pedestrian deck*, namun beberapa di antaranya juga menerima debit yang dibawa talang horizontal. Total terdapat 10 saluran inlet yang ditempatkan di sekeliling kolam tampung. Berikut ini adalah contoh perhitungan Q hidrologi saluran inlet DECK.7-DECK.8

- *Catchment area*

Dari talang horizontal TH.LG.B18 = 2695,1 m²

Permukaan *impervious* = 348,7 m²

$\sum C.A = 3043,8 \text{ m}^2$

- Koefisien pengaliran (C)

$C_{\text{pedestrian deck}} = C_{\text{impervious}} = 0,8$

- t_0 saluran

t_0 saluran diambil dari waktu terpanjang yang dibutuhkan oleh air hujan menuju ke saluran, yaitu dengan membandingkan t_c TH.LG.B18 dan t_0 *pedestrian deck*. Setelah dibandingkan, didapatkan $t_0 = 12,71$ menit

- t_f saluran

L saluran = 63,33 m

$V \text{ saluran} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$

Direncanakan saluran dengan dimensi sebagai berikut.

$b = 0,5 \text{ m}$

$h = 0,7 \text{ m}$

$s = 0,001$

$P = b + 2(h - h_1)$

$= 0,5 + 2(0,7 - 0,2)$

$= 1,5 \text{ m}$

$$n = 0,02 \qquad R = A/P = 0,167 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= b (h - h_1) \\ &= 0,5 (0,7 - 0,2) \\ &= 0,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$V = \frac{1}{0,02} \times 0,167^{2/3} \times 0,001^{1/2} = 0,48 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{63,33}{0,48 / 60} = 2,2 \text{ menit}$$

- $t_c = t_0 + t_f = 14,9 \text{ menit}$
- Intensitas hujan (I)

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{14,9 / 60} \right)^{2/3} \\ &= 99,7 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

- Q hidrologi

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{3,6} C I A \\ &= \frac{1}{3,6} 0,8 \times 99,7 \times \frac{3043,8}{10^6} = 0,095 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Rekap hasil perhitungan Q hidrologi semua saluran inlet kolam tampung di lantai LG terdapat pada **Lampiran**.

- f. Perhitungan Q Hidrologi dari Kolam Menuju Outlet
- Dari kolam tampung, banyaknya debit air hujan yang akan dikeluarkan menuju ke saluran Kali Perbatasan harus dihitung dengan cara routing. Pembahasan routing dapat dilihat pada **Sub Bab 4.4**.

4.2.3.2 Perhitungan Q Hidrologi Sistem Drainase Bawah

Sistem drainase bawah yang dimaksud di sini adalah drainase pada akses jalan di dalam kawasan apartemen. Sistem ini dipisah dengan sistem drainase tower-deck-kolam karena letak jalan yang jauh berada 4 meter di bawahnya, yaitu di elevasi 0,000. Outlet dari sistem ini akan langsung menuju ke saluran Kali Perbatasan karena tidak memungkinkan jika dialirkan menuju kolam tampung terlebih dahulu.

Pada beberapa titik, terdapat kenaikan elevasi menjadi +4,000 pada jalan untuk akses menuju *drop zone* pengunjung di area *lobby* gedung. Untuk menghubungkan saluran yang terletak pada elevasi +4,000 dan elevasi 0,000, digunakan talang vertikal dengan $D = 0,05$ m sepanjang 4 meter.

Berikut ini diambil beberapa saluran yang terletak di sekitar *lobby* sebagai contoh perhitungan.

- Saluran Tersier SB.A2-SB.A4

- *Catchment area*

$$\text{Permukaan jalan} = 438 \text{ m}^2$$

- Koefisien pengaliran (C)

$$C_{\text{jalan}} = 0,8$$

- t_0 saluran

t_0 saluran diambil dengan membandingkan t_0 permukaan jalan yang miring dan t_c saluran sebelumnya.

$$n_{\text{jalan}} = 0,013$$

$$\ell = 24,33 \text{ m (dari titik terjauh ke saluran)}$$

$$s_{\text{jalan}} = 0,167$$

$$t_0 = 1,44 \times \left(0,013 \times \frac{24,33}{\sqrt{0,167}} \right)^{0,467} = 1,28 \text{ menit}$$

Dibandingkan dengan t_c saluran sebelumnya, yaitu saluran SB.A1-SB.A2 = 2,8 menit, maka diambil $t_0 = 2,8$ menit

- t_f saluran

$$L_{\text{saluran}} = 103,25 \text{ m}$$

$$V_{\text{saluran}} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Direncanakan saluran menggunakan U-Ditch berpenutup dari PT. Varia Usaha Beton dengan dimensi sebagai berikut.

$$b = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 0,4 \text{ m}$$

$$P = b + 2(h - h_1)$$

$$= 0,4 + 2(0,4 - 0,2)$$

$$s = 0,0005 \quad = 0,8 \text{ m}$$

$$n = 0,02 \quad R = A/P = 0,1 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,2 \text{ m}$$

$$A = b (h - h_1)$$

$$= 0,4 (0,4 - 0,2)$$

$$= 0,08 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{1}{0,02} \times 0,1^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,241 \text{ m/s}$$

$$t_f = \frac{L}{V} = \frac{103,25}{0,241/60} = 7,1 \text{ menit}$$

$$- \quad t_c = t_0 + t_f = 9,9 \text{ menit}$$

$$- \quad \text{Intensitas hujan (I)}$$

$$I = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{9,9/60} \right)^{2/3} = 130,97 \text{ mm/jam}$$

$$- \quad Q \text{ hidrologi}$$

$$Q = \frac{1}{3,6} 0,8 \times 130,97 \times \frac{438}{10^6} = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Saluran Tersier SB.A3-SB.A4

$$- \quad \text{Catchment area}$$

$$\text{Atap lobby} = 197 \text{ m}^2$$

$$\text{Taman} = 63,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Permukaan jalan} = 438 \text{ m}^2$$

$$\sum C.A = 889,3 \text{ m}^2$$

$$- \quad \text{Koefisien pengaliran gabungan (C}_{\text{gab}})$$

$$= \frac{(197 \times 0,8) + (63,7 \times 0,15) + (438 \times 0,8)}{889,3} = 0,75$$

$$- \quad t_0 \text{ saluran}$$

$$t_0 \text{ saluran diambil dengan membandingkan } t_0 \text{ dari atap, taman dan permukaan jalan.}$$

$$t_0 \text{ terpanjang} = t_0 \text{ taman} = 6 \text{ menit}$$

$$- \quad t_f \text{ saluran}$$

$$L \text{ saluran} = 79,13 \text{ m}$$

$$V \text{ saluran} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Direncanakan saluran menggunakan U-Ditch berpenutup dari PT. Varia Usaha Beton dengan dimensi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 b &= 0,5 \text{ m} & P &= b + 2(h - h_1) \\
 h &= 0,5 \text{ m} & &= 0,5 + 2(0,5 - 0,2) \\
 s &= 0,0005 & &= 1,1 \text{ m} \\
 n &= 0,02 & R &= A/P = 0,14 \text{ m} \\
 h_1 &= 0,2 \text{ m} \\
 A &= b (h - h_1) \\
 &= 0,5 (0,5 - 0,2) \\
 &= 0,15 \text{ m}^2 \\
 V &= \frac{1}{0,02} \times 0,14^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,3 \text{ m/s} \\
 t_f &= \frac{L}{V} = \frac{79,13}{0,3/60} = 4,4 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- $t_c = t_0 + t_f = 10,4 \text{ menit}$
- Intensitas hujan (I)

$$I = \frac{113,7}{24} \times \left(\frac{24}{10,4/60} \right)^{2/3} = 127 \text{ mm/jam}$$

- Q hidrologi
- $$= \frac{1}{3,6} 0,8 \times 127 \times \frac{889,3}{10^6} = 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$$

Saluran SB.A3-SB.A4 berada pada elevasi +4,000, sehingga dipasang talang vertikal dengan $D = 0,05 \text{ m}$ dan $L = 4 \text{ m}$ pada hilir saluran tersebut. Talang ini berfungsi untuk menyalurkan debit menuju ke hulu saluran selanjutnya, yaitu saluran SB.A4-SB.A5. Rekap perhitungan semua saluran drainase jalan dapat dilihat pada **Lampiran**.

4.3 Analisis Hidrolika

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui selisih debit (ΔQ) yang mengalir pada setiap saluran (Q hidrologi) dan kapasitas saluran yang direncanakan (Q hidrolika). Ketentuan dalam perencanaan dimensi saluran drainase adalah $Q \text{ hidrologi} \leq$

Berikut ini adalah contoh perhitungan Q hidrolika dan ΔQ untuk saluran SB.10-outlet.1 yang menjadi outlet sistem drainase bawah. Saluran ini menggunakan U-ditch berpenutup dari PT. Varia Usaha Beton.

$$\begin{aligned}
 b &= 1 \text{ m} & P &= b + 2(h - h_1) \\
 h &= 1 \text{ m} & &= 1 + 2(1 - 0,2) \\
 s &= 0,0005 & &= 2,6 \text{ m} \\
 n &= 0,02 & R &= A/P = 0,308 \text{ m} \\
 h_1 &= 0,2 \text{ m} \\
 A &= b(h - h_1) \\
 &= 1(1 - 0,2) \\
 &= 0,8 \text{ m}^2 \\
 V &= \frac{1}{0,02} \times 0,308^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,51 \text{ m/s} \\
 Q \text{ hidrolika} &= A \cdot V = 0,408 \text{ m}^3/\text{s} \\
 Q \text{ hidrologi} &= 0,221 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \Delta Q &= Q \text{ hidrolika} - Q \text{ hidrologi} = 0,187 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Rekap perhitungan Q hidrolika dan ΔQ untuk saluran-saluran lain selengkapnya dapat dilihat pada **Lampiran**.

4.4 Perencanaan Kolam Tampung dan Saluran Outlet

Kolam tampung direncanakan harus mampu menampung $\geq 50\%$ dari total volume hujan yang jatuh di kawasan apartemen. Pihak apartemen merencanakan dimensi kolam dengan $p = 265 \text{ m}$, $l = 15 \text{ m}$, $h = 1,5 \text{ m}$. Dari kedalaman $1,5 \text{ m}$, kedalaman efektif untuk tampungan sebesar $1,2 \text{ m}$ karena kolam harus selalu terisi air dengan $h = 0,3 \text{ m}$ dari dasar kolam. Dari h efektif $= 1,2 \text{ m}$, ditentukan h air maksimum sebesar $0,9 \text{ m}$ dan tinggi jagaan $= 0,3 \text{ m}$.

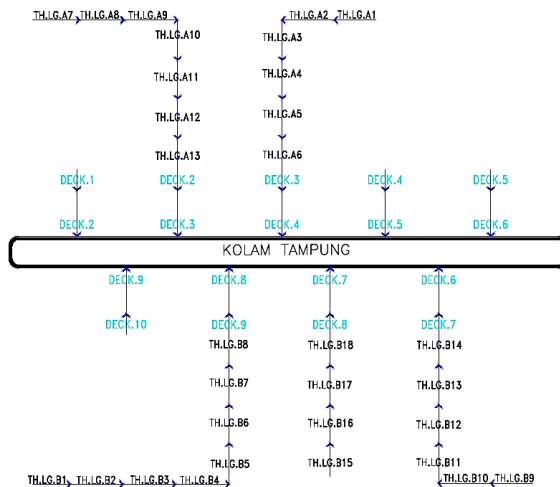
Outflow kolam tidak menggunakan pompa seperti kolam tampung pada umumnya, melainkan menggunakan valve karena elevasi muka air kolam tampung apartemen berada di atas elevasi muka air saluran kota, sehingga debit outflow dapat mengalir secara gravitasi.

4.4.1 Analisis Hidrograf Kolam Tampung

Terdapat 9 saluran di *pedestrian deck* yang mengalirkan debit ke kolam tampung. Oleh sebab itu, sebelum membuat hidrograf dilakukan superposisi terhadap 9 debit inflow tersebut. Berikut ini adalah rekap saluran-salurannya.

Tabel 4.11 Rekap saluran inlet kolam tampung

Saluran	tc	Catchment Area	Q hidrologi	Q hidrolika
	menit	m ²	m ³ /s	m ³ /s
DECK.1 – DECK.2	5,62	1030,25	0,044	0,049
DECK.2 – DECK.3	22,9	8274,7	0,138	0,149
DECK.3 – DECK.4	27,15	12900,91	0,192	0,194
DECK.4 – DECK.5	5,5	620,8	0,027	0,037
DECK.5 – DECK.6	6,26	865	0,0342	0,037
DECK.6 – DECK.7	22,17	6649,054	0,113	0,134
DECK.7 – DECK.8	14,9	4303,65	0,0954	0,12
DECK.8 – DECK.9	25,125	9556,953	0,15	0,164
DECK.9 – DECK.10	4,37	544,45	0,03	0,037
Σ		44745,772		

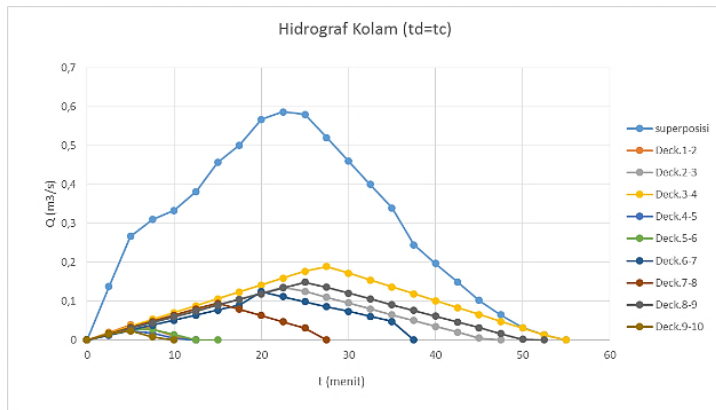


Gambar 4.7 Skema saluran inlet kolam

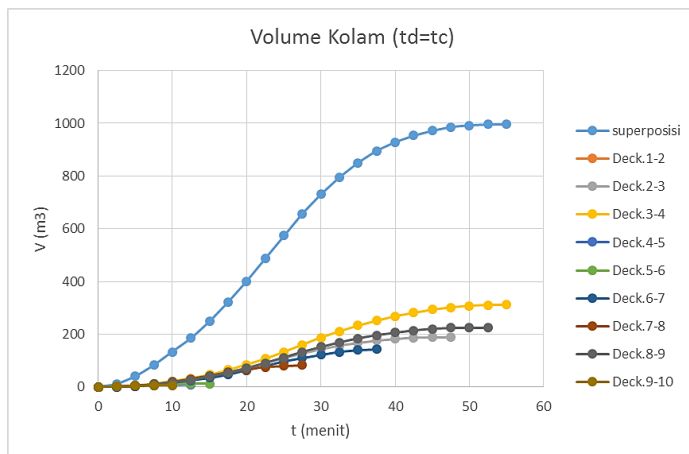
4.4.2.1 Hidrograf Kolam dengan $t_d=t_c$

Dengan mengambil nilai $t_d=t_c$, superposisi debit inflow dilakukan dengan interval waktu 2,5 menit.

Hasilnya diperoleh debit puncak dari superposisi yaitu $Q_p = 0,586 \text{ m}^3/\text{s}$ pada menit ke-22,5.



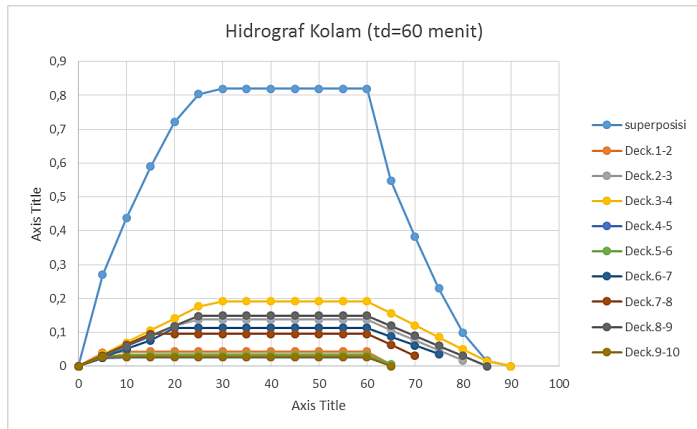
Gambar 4.8 Hidrograf kolam dengan $t_d=t_c$



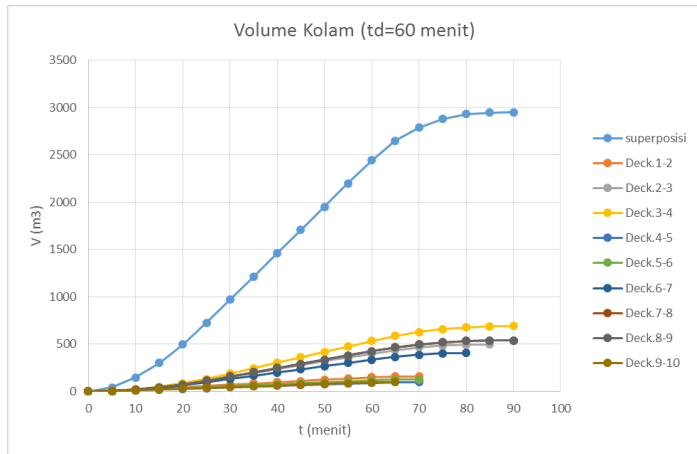
Gambar 4.9 Grafik volume kolam dengan $t_d=t_c$

4.4.2.2 Hidrograf Kolam dengan $t_d=60$ menit

Dengan mengambil nilai $t_d=60$ menit, superposisi debit inflow dilakukan dengan interval waktu 5 menit. Hasilnya diperoleh debit puncak dari superposisi yaitu $Q_p = 0,82 \text{ m}^3/\text{s}$ pada menit ke-30 hingga ke-60.



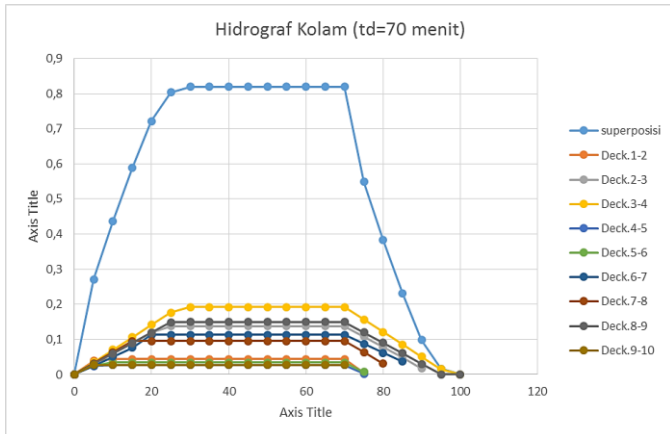
Gambar 4.10 Hidrograf kolam dengan $t_d=60$ menit



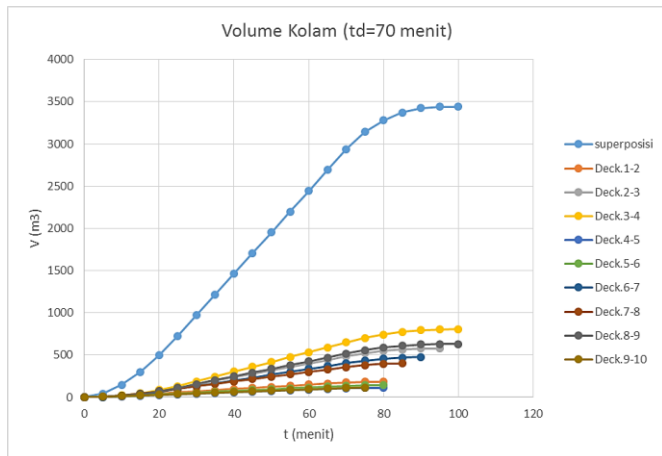
Gambar 4.11 Grafik volume kolam dengan $t_d=60$ menit

4.4.2.3 Hidrograf Kolam dengan $t_d=70$ menit

Dengan mengambil nilai $t_d=70$ menit, superposisi debit inflow dilakukan dengan interval waktu 5 menit. Hasilnya diperoleh debit puncak dari superposisi yaitu $Q_p = 0,82 \text{ m}^3/\text{s}$ pada menit ke-30 hingga ke-70.



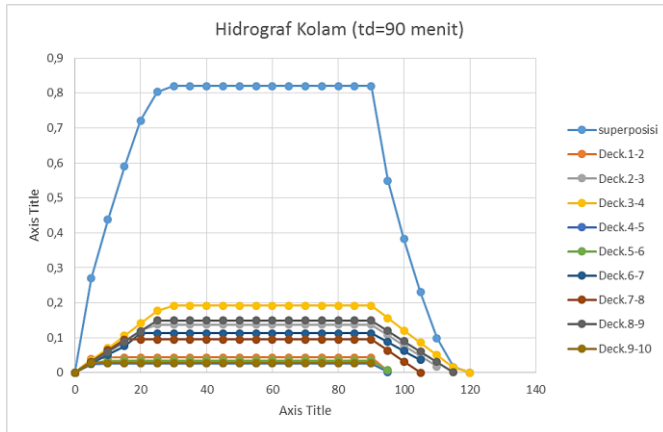
Gambar 4.12 Hidrograf kolam dengan $t_d=70$ menit



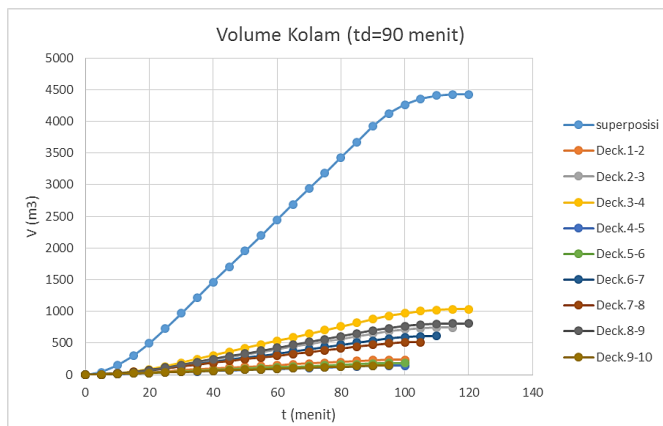
Gambar 4.13 Grafik volume kolam dengan $t_d=70$ menit

4.4.2.4 Hidrograf Kolam dengan $t_d=90$ menit

Dengan mengambil nilai $t_d=90$ menit, superposisi debit inflow dilakukan dengan interval waktu 5 menit. Hasilnya diperoleh debit puncak dari superposisi yaitu $Q_p = 0,82 \text{ m}^3/\text{s}$ pada menit ke-30 hingga ke-90.



Gambar 4.14 Hidrograf kolam dengan $t_d=90$ menit



Gambar 4.15 Grafik volume kolam dengan $t_d=90$ menit

4.4.2 Analisis Penelusuran Banjir (*Routing*)

Routing kolam dilakukan untuk mengetahui ketinggian air maksimum di kolam berdasarkan durasi hujan (t_d) yang telah ditentukan sebelumnya.

4.4.2.1 *Routing* dengan Debit saat $t_d=t_c$

Dari debit superposisi yang dihitung saat $t_d=t_c$, dilakukan perhitungan h air untuk mengetahui ketinggian muka air maksimum kolam yang dicapai. Berikut ini adalah contoh perhitungan h air saat $t_d=t_c$.

Interval waktu = 2,5 menit

$$Q_{\text{inflow}} = 0,1373 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{kumulatif}} = Q_0 + Q_{2,5} = 0 + 0,1373 = 0,1373 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{inflow}} &= 0,5 \cdot (Q_0 + Q_{2,5}) \cdot (t_{2,5} - t_0) \times 60 \text{ menit} \\ &= 0,5 \cdot (0 + 0,1373) \cdot (2,5 - 0) \times 60 \\ &= 10,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{inflow kumulatif}} = V_0 + V_{2,5} = 10,3 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{outflow}} = 0 \text{ (valve ditutup)}$$

$$V_{\text{outflow}} = 0$$

$$V_{\text{outflow kumulatif}} = 0$$

$$\begin{aligned} V \text{ dalam kolam} &= V_{\text{inflow kumulatif}} - V_{\text{outflow kumulatif}} \\ &= 10,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$h \text{ air kolam} = \frac{V \text{ kolam}}{A \text{ kolam}} = \frac{10,3}{3975} = 0,003 \text{ m}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4.12 Routing dengan debit saat $t_d=t_c$

t	Inflow			Valve			Kolam		
	Q	V	Vkum	Q	V	Vkum	V	H air	Status
menit	m ³ /s	m ³	m ³	m ³ /s	m ³	m ³	m ³	m	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	OK
2,5	0,14	10,30	10,30	0	0	0	10,30	0,003	OK
5	0,27	30,30	40,60	0	0	0	40,60	0,010	OK
7,5	0,31	43,27	83,87	0	0	0	83,87	0,021	OK
10	0,33	48,27	132,13	0	0	0	132,13	0,033	OK
12,5	0,38	53,63	185,76	0	0	0	185,76	0,047	OK
15	0,46	62,88	248,64	0	0	0	248,64	0,063	OK
17,5	0,50	71,85	320,49	0	0	0	320,49	0,081	OK
20	0,57	80,16	400,65	0	0	0	400,65	0,101	OK
22,5	0,59	86,55	487,20	0	0	0	487,20	0,123	OK
25	0,58	87,49	574,68	0	0	0	574,68	0,145	OK
27,5	0,52	82,55	657,24	0	0	0	657,24	0,165	OK
30	0,46	73,58	730,81	0	0	0	730,81	0,184	OK
32,5	0,40	64,53	795,34	0	0	0	795,34	0,200	OK
35	0,34	55,48	850,82	0	0	0	850,82	0,214	OK
37,5	0,24	43,81	894,63	0	0	0	894,63	0,225	OK
40	0,20	33,11	927,74	0	0	0	927,74	0,233	OK
42,5	0,15	25,97	953,70	0	0	0	953,70	0,240	OK
45	0,10	18,83	972,54	0	0	0	972,54	0,245	OK
47,5	0,06	12,46	985,00	0	0	0	985	0,248	OK
50	0,03	7,22	992,22	0	0	0	992,22	0,250	OK
52,5	0,01	3,34	995,56	0	0	0	995,56	0,250	OK
55	0	0,95	996,51	0	0	0	996,51	0,251	OK

Dari tabel *routing* diketahui bahwa volume tampungan maksimum kolam = 996,513 m³ dengan h air maksimum mencapai **0,251 m**. Tinggi muka air ini masih jauh di bawah tinggi muka air kolam rencana yaitu **0,9 m**.

4.4.2.2 Routing dengan Debit saat $t_d=60$ menit

Dari debit superposisi dengan hidrograf $t_d=60$ menit, diketahui bahwa volume tampungan maksimum kolam = $2950,6 \text{ m}^3$ dengan h air maksimum mencapai **0,742 m**. Tinggi muka air ini masih di bawah tinggi muka air kolam rencana yaitu **0,9 m**.

Tabel 4.13 Routing dengan debit saat $t_d=60$ menit

t	Inflow			Valve			Kolam		
	Q	V	Vkum	Q	V	Vkum	V	H air	Status
menit	m^3/s	m^3	m^3	m^3/s	m^3	m^3	m^3	m	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	OK
5	0,27	40,60	40,60	0	0	0	40,60	0,010	OK
10	0,44	106,20	146,80	0	0	0	146,80	0,037	OK
15	0,59	154,02	300,82	0	0	0	300,82	0,076	OK
20	0,72	196,59	497,41	0	0	0	497,41	0,125	OK
25	0,80	228,73	726,13	0	0	0	726,13	0,183	OK
30	0,82	243,49	969,62	0	0	0	969,62	0,244	OK
35	0,82	245,88	1215,51	0	0	0	1215,51	0,306	OK
40	0,82	245,88	1461,39	0	0	0	1461,39	0,368	OK
45	0,82	245,88	1707,27	0	0	0	1707,27	0,430	OK
50	0,82	245,88	1953,15	0	0	0	1953,15	0,491	OK
55	0,82	245,88	2199,04	0	0	0	2199,04	0,553	OK
60	0,82	245,88	2444,92	0	0	0	2444,92	0,615	OK
65	0,55	205,28	2650,20	0	0	0	2650,20	0,667	OK
70	0,38	139,68	2789,89	0	0	0	2789,89	0,702	OK
75	0,23	91,86	2881,75	0	0	0	2881,75	0,725	OK
80	0,10	49,29	2931,04	0	0	0	2931,04	0,737	OK
85	0,02	17,16	2948,20	0	0	0	2948,20	0,742	OK
90	0	2,39	2950,59	0	0	0	2950,59	0,742	OK

4.4.2.3 Routing dengan Debit saat $t_d=70$ menit

Dari debit superposisi dengan hidrograf $t_d=70$ menit, diketahui bahwa volume tampungan maksimum kolam = $3442,36 \text{ m}^3$ dengan h air maksimum mencapai **0,866 m**. Tinggi muka air ini masih di bawah tinggi muka air kolam rencana yaitu **0,9 m**.

Tabel 4.14 Routing dengan debit saat $t_d=70$ menit

t	Inflow			Valve			Kolam		Status
	Q	V	Vkum	Q	V	Vkum	V	H air	
menit	m^3/s	m^3	m^3	m^3/s	m^3	m^3	m^3	m	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	OK
5	0,27	40,60	40,60	0	0	0	40,60	0,01	OK
10	0,44	106,20	146,80	0	0	0	146,80	0,04	OK
15	0,59	154,02	300,82	0	0	0	300,82	0,08	OK
20	0,72	196,59	497,41	0	0	0	497,41	0,13	OK
25	0,80	228,73	726,13	0	0	0	726,13	0,18	OK
30	0,82	243,49	969,62	0	0	0	969,62	0,24	OK
35	0,82	245,88	1215,51	0	0	0	1215,51	0,31	OK
40	0,82	245,88	1461,39	0	0	0	1461,39	0,37	OK
45	0,82	245,88	1707,27	0	0	0	1707,27	0,43	OK
50	0,82	245,88	1953,15	0	0	0	1953,15	0,49	OK
55	0,82	245,88	2199,04	0	0	0	2199,04	0,55	OK
60	0,82	245,88	2444,92	0	0	0	2444,92	0,62	OK
65	0,82	245,88	2690,80	0	0	0	2690,80	0,68	OK
70	0,82	245,88	2936,69	0	0	0	2936,69	0,74	OK
75	0,55	205,28	3141,97	0	0	0	3141,97	0,79	OK
80	0,38	139,68	3281,65	0	0	0	3281,65	0,83	OK
85	0,23	91,86	3373,52	0	0	0	3373,52	0,85	OK
90	0,10	49,29	3422,81	0	0	0	3422,81	0,86	OK
95	0,02	17,16	3439,97	0	0	0	3439,97	0,87	OK
100	0	2,39	3442,36	0	0	0	3442,36	0,87	OK

4.4.2.4 Routing dengan Debit saat $t_d=90$ menit

Dari debit superposisi dengan hidrograf $t_d=90$ menit, diketahui bahwa volume tampungan maksimum kolam = $4425,89 \text{ m}^3$ dengan h air maksimum mencapai **1,11 m**. Tinggi muka air ini melebihi tinggi muka air rencana sebesar **0,21 m**.

Tabel 4.15 Routing dengan debit pada saat $t_d=90$ menit

t menit	Inflow			Valve			Kolam		Status
	Q m^3/s	V m^3	Vkum m^3	Q m^3/s	V m^3	Vkum m^3	V m^3	H air m	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	OK
5	0,27	40,60	40,60	0	0	0	40,60	0,01	OK
10	0,44	106,20	146,80	0	0	0	146,80	0,04	OK
15	0,59	154,02	300,82	0	0	0	300,82	0,08	OK
20	0,72	196,59	497,41	0	0	0	497,41	0,13	OK
25	0,80	228,73	726,13	0	0	0	726,13	0,18	OK
30	0,82	243,49	969,62	0	0	0	969,62	0,24	OK
35	0,82	245,88	1215,51	0	0	0	1215,51	0,31	OK
40	0,82	245,88	1461,39	0	0	0	1461,39	0,37	OK
45	0,82	245,88	1707,27	0	0	0	1707,27	0,43	OK
50	0,82	245,88	1953,15	0	0	0	1953,15	0,49	OK
55	0,82	245,88	2199,04	0	0	0	2199,04	0,55	OK
60	0,82	245,88	2444,92	0	0	0	2444,92	0,62	OK
65	0,82	245,88	2690,80	0	0	0	2690,80	0,68	OK
70	0,82	245,88	2936,69	0	0	0	2936,69	0,74	OK
75	0,82	245,88	3182,57	0	0	0	3182,57	0,80	OK
80	0,82	245,88	3428,45	0	0	0	3428,45	0,86	OK
85	0,82	245,88	3674,33	0	0	0	3674,33	0,92	NOT OK
90	0,82	245,88	3920,22	0	0	0	3920,22	0,99	NOT OK
95	0,55	205,28	4125,50	0	0	0	4125,50	1,04	NOT OK
100	0,38	139,68	4265,18	0	0	0	4265,18	1,07	NOT OK
105	0,23	91,86	4357,05	0	0	0	4357,05	1,10	NOT OK
110	0,10	49,29	4406,34	0	0	0	4406,34	1,11	NOT OK
115	0,02	17,16	4423,50	0	0	0	4423,50	1,11	NOT OK
120	0	2,39	4425,89	0	0	0	4425,89	1,11	NOT OK

4.4.3 Routing Kolam Tampung dengan Valve

Dari tabel *routing* dengan durasi hujan (t_d) = 90 menit diketahui bahwa dimulai dari menit ke-85 ketinggian air melebihi 0,9 m. Oleh sebab itu, valve dibuka pada menit ke-40 hingga menit ke-120 agar h air tidak mencapai 0,9 m.

Valve yang digunakan adalah tipe *butterfly valve* dengan diameter 0,25 m ($A_{\text{valve}} = 0,049 \text{ m}^2$). Berikut ini adalah contoh perhitungan h air pada menit ke-85 saat valve dibuka.

interval waktu = 5 menit

$t = 85$ menit

$Q_{\text{inflow-85}} = 0,82 \text{ m}^3/\text{s}$

$V_{\text{inflow-85}} = 0,5 \cdot (Q_{80} + Q_{85}) \cdot 5 \times 60 \text{ menit}$
 $= 0,5 \cdot (0,82 + 0,82) \cdot 5 \times 60$
 $= 245,88 \text{ m}^3$

$V_{\text{inflow kumulatif}} = V \text{ dalam kolam} = 3674,33 \text{ m}^3$

$h \text{ air kolam} = \frac{V \text{ kolam}}{A \text{ kolam}} = \frac{3674,33}{3975} = 0,92 \text{ m (NOT OK)}$

$Q_{\text{valve-85}} = A \cdot v$

$= A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,049 \cdot \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,92}$
 $= 0,209 \text{ m}^3/\text{s}$

$V_{\text{valve}} = \text{outflow} = 0,5 \cdot (Q_{\text{valve-80}} + Q_{\text{valve-85}}) \cdot 5 \times 60 \text{ menit}$
 $= 0,5 \cdot (0,202 + 0,209) \cdot 5 \times 60$
 $= 61,61 \text{ m}^3$

$V_{\text{valve kumulatif}} = 487,48 \text{ m}^3$

$V \text{ dalam kolam} = V_{\text{inflow kumulatif}} - V_{\text{valve kumulatif}}$
 $= 3674,33 - 487,48$
 $= 3186,85 \text{ m}^3$

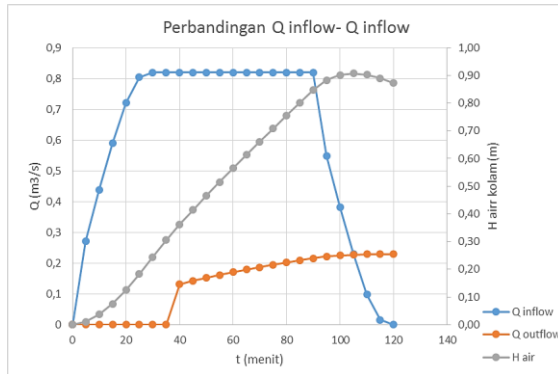
$h \text{ air kolam} = \frac{V \text{ kolam}}{A \text{ kolam}} = \frac{3186,85}{3975} = 0,8 \text{ m (OK)}$

Tabel routing saat $t_d=90$ menit dengan outflow melalui valve selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Routing kolam dengan outflow melalui valve

t	Inflow				Valve			Kolam		Status
	Q	V	V kum	H air	Q	V	V kum	V kum	H air	
menit	m ³ /s	m ³	m ³	m	m ³ /s	m ³	m ³	m ³	m	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	OK
5	0,27	40,60	40,60	0,01	0	0	0	40,60	0,01	OK
10	0,44	106,20	146,80	0,04	0	0	0	146,80	0,04	OK
15	0,59	154,02	300,82	0,08	0	0	0	300,82	0,08	OK
20	0,72	196,59	497,41	0,13	0	0	0	497,41	0,13	OK
25	0,80	228,73	726,13	0,18	0	0	0	726,13	0,18	OK
30	0,82	243,49	969,62	0,24	0	0	0	969,62	0,24	OK
35	0,82	245,88	1215,51	0,31	0	0	0	1215,51	0,31	OK
40	0,82	245,88	1461,39	0,37	0,132	19,77	19,77	1441,62	0,36	OK
45	0,82	245,88	1707,27	0,43	0,142	41,13	60,89	1646,38	0,41	OK
50	0,82	245,88	1953,15	0,49	0,152	44,21	105,11	1848,05	0,46	OK
55	0,82	245,88	2199,04	0,55	0,162	47,10	152,20	2046,83	0,51	OK
60	0,82	245,88	2444,92	0,62	0,170	49,81	202,02	2242,90	0,56	OK
65	0,82	245,88	2690,80	0,68	0,179	52,39	254,40	2436,40	0,61	OK
70	0,82	245,88	2936,69	0,74	0,187	54,84	309,24	2627,44	0,66	OK
75	0,82	245,88	3182,57	0,80	0,194	57,19	366,43	2816,14	0,71	OK
80	0,82	245,88	3428,45	0,86	0,202	59,44	425,87	3002,58	0,76	OK
85	0,82	245,88	3674,33	0,92	0,209	61,61	487,48	3186,85	0,80	OK
90	0,82	245,88	3920,22	0,99	0,216	63,71	551,20	3369,02	0,85	OK
95	0,55	205,28	4125,50	1,04	0,221	65,58	616,78	3508,72	0,88	OK
100	0,38	139,68	4265,18	1,07	0,225	66,98	683,76	3581,42	0,90	OK
105	0,23	91,86	4357,05	1,10	0,228	67,90	751,65	3605,39	0,91	OK
110	0,10	49,29	4406,34	1,11	0,229	68,45	820,10	3586,24	0,90	OK
115	0,02	17,16	4423,50	1,11	0,229	68,71	888,81	3534,69	0,89	OK
120	0	2,39	4425,89	1,11	0,229	68,78	957,60	3468,29	0,87	OK

*) keterangan warna kuning: h air > h air rencana = 0,9 m



Gambar 4.16 Grafik perbandingan debit inflow-debit outflow-h air kolam

Apabila hujan reda, valve dibiarkan terbuka untuk mengosongkan kolam tampung supaya dapat kembali menampung debit pada hujan selanjutnya. Berikut ini adalah perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan kolam.

$$A \text{ kolam, } A_s = 3975 \text{ m}^2$$

$$A \text{ lubang valve, } A = 0,049 \text{ m}^2$$

$$h \text{ air kolam} = 0,87 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{waktu pengosongan} &= \frac{A_s \times 2 \times \sqrt{h}}{A \times \sqrt{2g}} \\ &= \frac{3975 \times 2 \times \sqrt{0,87}}{0,049 \times \sqrt{2 \cdot 9,81}} \\ &= 34171 \text{ detik} = 9,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

4.4.4 Perencanaan Saluran Outlet Kolam

Direncanakan saluran menggunakan *box culvert* dari PT. Varia Usaha Beton karena saluran berada di bawah jalan. Saluran ini menerima debit dari pipa vertikal yang terhubung dengan valve kolam.

$$b \text{ saluran} = 1 \text{ m}$$

$$h \text{ saluran} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 1 \times (1-0,2) = 0,8 \text{ m}^2 \\
 P &= 1 + 2(1-0,2) = 2,6 \text{ m} \\
 R &= A/P = 0,308 \text{ m} \\
 s \text{ rencana} &= 0,0005 \\
 V &= \frac{1}{0,02} \times 0,308^{2/3} \times 0,0005^{1/2} = 0,51 \text{ m/s} \\
 Q \text{ saluran} &= A \times V = 0,408 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

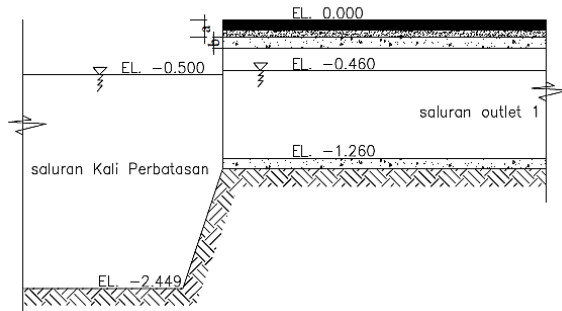
4.5 Analisis Profil Air Balik (*Backwater*)

Analisis *backwater* dilakukan untuk mengetahui pengaruh kenaikan muka air saluran kota terhadap muka air di saluran outlet apartemen. Berikut ini adalah perhitungan dan sketsa analisis pada hilir saluran outlet.

*) keterangan M.A. = muka air

- Saluran SB.10-Outlet 1 (Sistem Drainase Bawah)
 - Elev. muka tanah = plengsengan sungai = 0,000
 - Elev. M.A. tertinggi sungai = -0,500
 - Tebal perkerasan jalan (a) = 0,16 m
 - Tebal penutup u-ditch (b) = 0,1 m
 - Elev. M.A. saluran (hilir) = $0,000 - (a+b) - h_{\text{jagaan}} = -0,460$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa elevasi muka air saluran bagian hilir **lebih tinggi** dari elevasi muka air sungai ($-0,460 > -0,500$), sehingga tidak terjadi *backwater* dan debit dari outlet 1 dapat mengalir ke saluran kota secara gravitasi. Berikut ini adalah sketsa analisis *backwater* pada Outlet 1.



Gambar 4.17 Sketsa analisis *backwater* saluran kota terhadap saluran Outlet 1

- Saluran Outlet 2 (Sistem Drainase Atas)

Saluran outlet dari kolam menuju ke saluran kota dibagi menjadi 3 saluran karena disesuaikan dengan *layout* apartemen. Saluran ini berada di bawah lapisan perkerasan jalan, oleh sebab itu dilakukan pengecekan elevasi untuk memastikan posisi bagian atas box culvert tidak lebih tinggi dari elevasi -0,100.

Tabel 4.11 ini dibuat untuk mengurutkan elevasi saluran dari ujung kolam olak hingga ke outlet, serta untuk mengetahui elevasi bagian atas box culvert di bagian hulu saluran.

Tabel 4.17 Perhitungan elevasi saluran-saluran Outlet 2

dari titik	ke titik	L sal. (m)	s saluran	elv. pelat atas box	elv. top saluran	elv. M.A hulu	elv. M.A hilir
P1	P2	28,41	0,0005	-0,100	-0,200	-0,400	-0,424
P2	P3	46,27	0,0005	-0,114	-0,214	-0,424	-0,437
P3	Out	23,11	0,0005	-0,137	-0,237	-0,437	-0,449

Berikut ini adalah penjabaran perhitungan dari tabel di atas.

*) ket. :

$a \geq 10$ cm, asumsi tebal lapisan perkerasan jalan

$b = 10$ cm, tebal bagian atas box culvert

1. Saluran P1-P2

Elv. permukaan jalan $-(a + b)$

$$= 0 - (0,1 + 0,1) = -0,200$$

Elv. M.A. saluran (hulu) $= -0,200 - h_{\text{jagaan}} = -0,400$

Elv. M.A. saluran (hilir) $= -0,400 - (L.s) = -0,414$

2. Saluran P2-P3

Elv. M.A. saluran (hulu) $= -0,414$

Cek elevasi pelat atas box culvert

$$= -0,414 + (h_{\text{jagaan}} + b) = -0,114 \text{ (OK)}$$

Elv. M.A. saluran (hilir) $= -0,414 - (L.s) = -0,437$

3. Saluran P3-Outlet.2

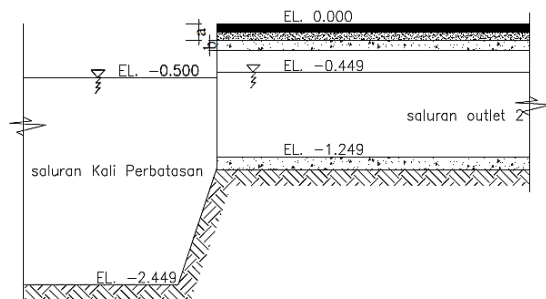
Elv. M.A. saluran (hulu) $= -0,437$

Cek elevasi pelat atas box culvert

$$= -0,437 + (h_{\text{jagaan}} + b) = -0,137 \text{ (OK)}$$

Elv. M.A. saluran (hilir) $= -0,437 - (L.s) = -0,449$

Elevasi muka air saluran bagian hilir **lebih tinggi** dari elevasi muka air sungai ($-0,449 > -0,500$), sehingga tidak terjadi *backwater* dan debit dari outlet 2 dapat mengalir ke saluran kota secara gravitasi. Berikut ini adalah sketsa analisis backwater pada Outlet 2.



Gambar 4.18 Sketsa analisis *backwater* saluran kota terhadap saluran Outlet 2

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat ditarik Tugas Akhir ini.

- Pembangunan kawasan Apartemen Royal Afather World menyebabkan nilai koefisien pengaliran lahan yang semula $C = 0,2$ (lahan berumput dengan kemiringan landai) berubah menjadi $C = 0,8$ (lahan *impervious*).
- Perencanaan sistem drainase apartemen dibagi menjadi 2 sistem, yaitu sistem drainase atas dan sistem drainase bawah/jalan. Debit dari sistem drainase atas dibawa menuju kolam tampung sebelum dibuang ke saluran kota, sedangkan sistem drainase bawah/jalan langsung mengalirkan debit menuju saluran kota.
- Debit banjir rencana untuk saluran-saluran di sistem drainase jalan sebesar $0,006 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$ dan untuk saluran-saluran sistem drainase atas menuju ke kolam sebesar $0,027 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$.
- *Routing* kolam untuk durasi hujan (td) =90 menit menunjukkan h muka air kolam dapat dipertahankan di bawah 0,913 m dengan membuka valve (d=25 cm) pada menit ke-40 hingga menit ke-120.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian/perencanaan selanjutnya yang berkaitan dengan sistem drainase Apartemen Royal Afather World adalah sebagai berikut.

- Untuk menghindari kesalahan analisis distribusi hujan rencana, diperlukan data hujan harian yang lengkap dan

yang terdekat dengan tahun perencanaan, yaitu minimal 10 tahun

- Diperlukan perawatan secara berkala terhadap saluran-saluran drainase dan kolam tampung
- Memberikan pengarahannya secara jelas kepada operator valve supaya sistem drainase yang telah direncanakan sedemikian rupa dapat berjalan optimal

DAFTAR PUSTAKA

Anggrahini. 2005. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya : SRIKANDI

BR, Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : GRAMEDIA PUSTAKA UTAMA

Soewarno. 1995. *Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1*. Jakarta : NOVA

Sofia, Fifi. 2006. *Modul Ajar Sistem dan Bangunan Drainase*. Surabaya

Suripin. 2004. *Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : ANDI

Triatmodjo, Bambang. 2014. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : BETA OFFSET

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2007

TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	-	20	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	35	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-
4	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55
5	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	25	15	35	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
13	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	60	15	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	25	-
16	-	-	30	20	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	50
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35
20	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	15	-	30	15	-	10	-	-	-	-	-	15
22	10	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
23	25	40	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	27	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
26	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	30
27	54	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
29	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	146	351	190	220	24	10	0	0	0	0	45	240
Rmax	54	55	60	35	24	10	0	0	0	0	25	55
Hari hujan	7	14	12	12	2	1	0	0	0	0	3	9
Rrata-rata	20,9	25,1	15,83	18,33	12	10	0	0	0	0	15	26,667

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2008

TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	0	15
2	35	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	30	15	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
4	25	12	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	55	-	-	45	-	-	-	-	-	15	0
6	-	0	-	-	27	-	-	-	-	-	8	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
9	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	10
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
15	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
16	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	20
17	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
19	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	25	0
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	75	-	-	-	-	-	-	-	15	-
22	47	-	15	20	-	-	-	-	-	-	-	15
23	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
24	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	30	-	18	-	-	-	-	-	-	10	-
26	-	5	5	25	-	-	-	-	-	-	-	-
27	18	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
28	0	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
31	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
TOTAL	338	134	163	88	72	0	-	-	-	-	115	138
Rmax	47	55	75	25	45	0	-	-	-	-	30	50
Hari hujan	14	8	8	5	2	1	0	0	0	0	10	14
Rrata-rata	24,1	16,8	20,38	17,60	36	0	-	-	-	-	11,5	9,9

Tabel 3. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2009

TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	-	30	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-
2	-	15	10	8	-	50	-	-	-	-	-	-
3	15	7	35	-	-	20	-	-	-	-	-	-
4	-	16	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	10	5	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	50	-	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	38	23	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	5	-	5	-	-	10	-	-	-	-	-	-
11	15	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-
12	20	7	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	6	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	5	15	-	-	10	-	-	-	-	-	-	30
16	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	5	10	-	20	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	18	15	-	-	-	-	-	-	-
20	-	35	-	25	25	-	-	-	-	-	47	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
23	-	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	10	10	-	-	75	-	-	-	-	-	-	-
26	15	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
27	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
31	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
TOTAL	269	383	181	51	215	95	-	-	-	-	47	115
Rmax	50	70	35	25	75	50	-	-	-	-	47	60
Hari hujan	14	17	10	3	8	4	-	-	-	-	1	6
Rrata-rata	19,2	22,5	18,1	17	26,9	23,8	-	-	-	-	47,0	19,2

Tabel 4. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2010

TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	40	-	0	48	-	-	-	-	-	-	8	15
2	35	20	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	0	-	-	0	-	-	-	-	-	10	170
4	-	20	15	0	35	15	0	-	-	-	12	10
5	62	40	10	0	-	-	-	-	-	-	0	15
6	-	35	-	-	-	-	-	-	5	-	15	6
7	20	25	-	-	-	75	-	-	-	-	-	-
8	-	20	25	-	-	6	-	-	-	15	-	-
9	-	0	0	-	-	-	-	-	-	10	10	10
10	-	0	-	15	60	-	-	-	-	-	-	10
11	17	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	7	75	18	25	-	-	-	-	-	10
13	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	25	-
14	-	25	-	-	100	-	-	-	-	10	-	-
15	-	-	0	10	-	-	-	-	-	105	-	-
16	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	0	-	30	-	-	-	-	15	-	-	-
19	-	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	140	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
21	20	-	-	0	11	-	-	-	-	-	-	-
22	40	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-
23	42	18	0	-	-	-	-	-	10	-	-	10
24	-	-	-	-	75	-	-	-	-	-	-	60
25	95	-	135	15	-	-	-	8	10	8	-	-
26	-	-	-	10	-	-	22	-	5	-	-	-
27	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
28	15	-	-	50	-	-	15	-	-	-	-	-
29	5	-	-	30	-	-	-	-	-	10	-	-
30	20	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	20
TOTAL	551	275	224	334	304	121	37	8	45	158	80	366
Rmax	140	57	135	75	100	75	22	8	15	105	25	170
Hari hujan	13	14	13	17	8	4	3	1	5	6	7	12
Rrata-rata	42,4	19,6	17,2	19,6	38	30,3	12,3	8	9	26,3	11,4	30,5

Tabel 5. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2011

TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	10	15	10	15	15	-	-	-	-	-	-	-
2	30	0	12	0	101	-	-	-	-	-	-	-
3	5	10	15	80	10	-	-	-	-	-	-	-
4	8	20	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	20	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-
6	25	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
8	5	-	20	-	10	-	-	-	-	-	-	-
9	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	-
10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	10	70	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	20	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
14	20	7	5	7	-	-	-	-	-	-	-	4
15	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	50	10	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	32	-	-	-	-	-	-	0	10
19	-	40	15	10	-	-	-	-	-	-	-	-
20	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	0	4
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	10
23	-	-	0	10	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	30
25	12	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	30
26	-	7	140	10	-	-	-	-	-	-	-	30
27	15	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	75
28	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	0	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	5	-	-	12	-	0	0	0	0	0	-	-
31	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
TOTAL	168	164	402	361	136	-	-	-	-	-	89	293
Rmax	30	40	140	80	101	-	-	-	-	-	71	75
Hari hujan	14	13	17	16	4	1	1	1	1	1	4	11
Rrata-rata	12,0	12,6	23,6	22,6	34,0	0	0	0	0	0	22,3	26,6

Tabel 6. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2012

TANGGA L	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	40	5	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
2	5	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
4	-	-	-	15	10	-	-	-	-	-	-	10
5	10	15	-	10	-	-	-	-	-	-	-	15
6	5	17	10	-	15	-	-	-	-	-	-	-
7	50	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26
11	10	-	-	-	-	70	-	-	-	-	-	52
12	8	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	8	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
15	60	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	25
16	40	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	10
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
19	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	27	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-
24	15	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
25	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	17,2	-
27	-	-	6	0	-	-	-	-	-	-	10	100
28	16	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
30	90	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
31	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	524	92	93	91	33	70	-	-	-	-	47	308
Rmax	90	30	30	40	15	70	-	-	-	-	20	100
Hari hujan	22	6	7	8	3	1	-	-	-	-	3	13
Rrata-rata	23,8	15,3	13,3	11,4	11,0	70,0	-	-	-	-	15,7	23,7

Tabel 7. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2013

TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	-	5	20	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	50	20	-	5	-	10	-	-	-	-	-	-
3	10	12	-	-	-	17	32	-	-	-	-	-
4	5	7	10	-	-	5	25	-	-	-	-	-
5	12	-	12	-	-	35	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	30	-	80	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	50	25	-	5	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	15	28	-	-	-	-	-	-
12	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	8	55	3	0	8	-	-	-	-	4	-
14	-	40	5	-	17	6	-	-	-	-	-	-
15	15	-	40	12	-	-	-	-	-	-	-	-
16	8	10	-	6	-	17	-	-	-	-	5	-
17	-	15	5	-	-	12	-	-	-	-	7	-
18	5	-	38	23	15	65	-	-	-	-	15	-
19	-	15	7	15	25	-	-	-	-	-	-	-
20	25	10	5	12	0	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	5	-	5	5	-	-	-	-	12	-
22	10	-	-	-	-	10	20	-	-	-	-	-
23	-	-	15	17	4	-	-	-	-	-	-	-
24	-	8	-	8	40	6	-	-	-	-	-	-
25	65	18	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	5	-	15	-	-	-	-	-	155	-
27	-	55	7	-	70	-	-	-	-	-	-	-
28	25	-	3	-	15	-	-	-	-	-	0	-
29	55	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
31	15	-	15	-	5	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	300	223	334	158	231	315	77,0	-	-	-	200	-
Rmax	65	55	55	30	70	80	32,0	-	-	-	155	-
Hari hujan	14	13	19	13	14	16	3,0	-	-	-	8	-
Rrata-rata	21,4	17,2	17,6	12,2	16,5	19,7	25,7	-	-	-	25,0	-

Tabel 8. Data Curah Hujan Maksimum Bulanan Stasiun Bono Tahun 2014

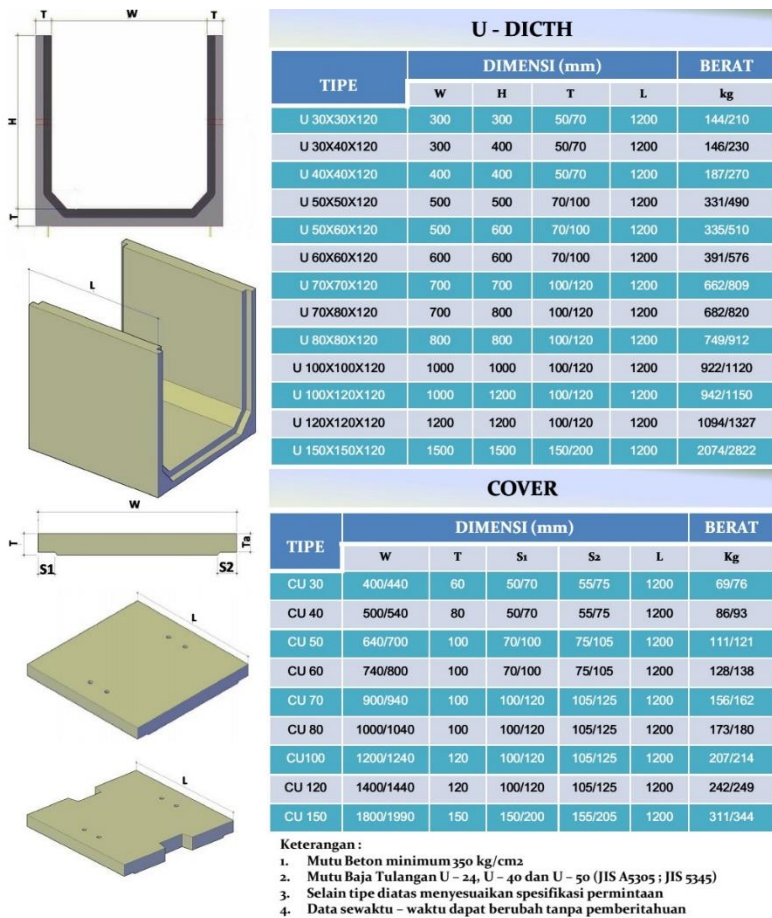
BULAN	Rmax (mm)	HARI HUJAN
JAN	55	12
FEB	20	5
MAR	60	20
APR	52	19
MEI	32	8
JUN	157	5
JUL	30	4
AGT	-	-
SEP	-	-
OKT	-	-
NOV	20	6
DES	75	18

Tabel 9. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2015

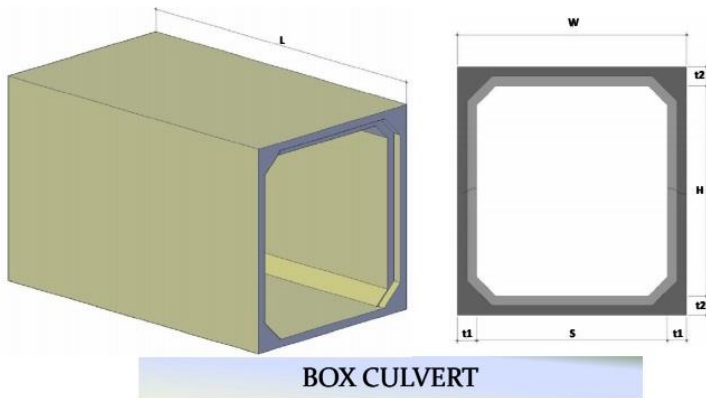
TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	-	15	-	21	24	-	-	-	-	-	-	-
2	5	29	50	-	9	-	-	-	-	-	-	-
3	35	15	0	20	70	-	-	-	-	-	-	-
4	4	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	27	68	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	60	22	-	14	-	-	-	-	-	-	8
7	-	-	10	17	-	-	-	-	-	-	-	40
8	-	0	-	30	-	-	-	-	-	-	-	5
9	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	15	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	18	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	6
15	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
16	-	10	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	33	59	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	5	9	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	30	20	100	-	-	-	-	-	-	-	-	15
20	45	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	17
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
23	55	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	61	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
25	20	-	-	-	94	-	-	-	-	-	-	10
26	0	-	-	-	23	-	-	-	-	-	23	-
27	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	15	-
28	60	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-	40
29	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
31	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
TOTAL	435	469	413	88	270	-	-	-	-	-	38	177
Rmax	61	75	100	30	94	-	-	-	-	-	23	40
Hari hujan	17	17	15	4	8	-	-	-	-	-	2	13
Rrata-rata	25,6	27,6	27,5	22,0	33,8	-	-	-	-	-	19,0	13,6

Tabel 10. Data Curah Hujan Harian Stasiun Bono Tahun 2016

TANGGAL	CURAH HUJAN HARIAN (mm)											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	5	-	0	-	0	0	-	5	-	10	-	32
2	10	-	0	45	0	6	-	-	-	29	-	-
3	-	15	4	-	12	0	-	-	5	68	-	7
4	-	-	5	3	22	0	-	-	10	14	-	18
5	-	22	0	2	0	0	-	53	8	0	-	8
6	-	12	35	12	9	0	-	-	-	3	-	43
7	-	49	40	6	0	3	-	-	-	0	-	-
8	-	18	-	5	0	0	-	-	-	0	-	-
9	-	45	-	7	18	0	-	-	-	19	8	-
10	-	9	-	16	5	0	-	-	-	85	5	-
11	4	31	-	-	2	0	-	-	-	0	0	0
12	-	37	4	0	0	0	-	-	-	85	8	8
13	-	8	-	-	0	0	-	-	-	2	0	0
14	-	4	-	-	0	0	15	-	-	0	0	0
15	5	11	25	-	22	0	105	-	-	0	6	6
16	-	0	-	18	0	0	15	-	-	0	8	8
17	-	7	3	0	60	20	10	-	-	0	2	2
18	15	28	0	0	0	8	-	-	-	0	18	18
19	-	-	-	0	0	23	8	-	-	-	0	0
20	18	3	-	0	0	0	30	-	0	-	0	0
21	19	18	-	2	0	0	-	-	20	0	0	0
22	-	2	15	0	25	40	18	-	-	0	-	-
23	30	-	20	19	0	12	-	-	-	0	3	-
24	10	10	8	0	0	18	-	-	81	18	9	-
25	5	51	-	0	0	0	-	-	-	0	-	-
26	10	0	-	0	0	0	-	-	55	16	22	-
27	15	40	-	0	0	0	-	5	18	0	-	65
28	-	20	37	0	11	0	-	-	5	0	-	10
29	-	-	-	4	0	45	-	0	8	0	-	-
30	-	-	2	0	0	15	-	-	-	0	-	8
31	6	-	20	-	45	-	-	-	-	0	-	62
TOTAL	152	440	218	139	231	190	201	63	210	349	89	295
Rmax	30	51	40	45	60	45	105	53	81	85	22	65
Hari hujan	13	23	17	24	31	30	7	4	10	29	16	20
Rrata-rata	11,7	19,1	12,8	5,8	7,5	6,3	28,7	15,8	21,0	12,0	5,6	14,8



Gambar 1. Brosur U-Ditch Precast dari PT. Varia Usaha Beton



TIPE	DIMENSI (mm)						BERAT
	S	H	t ₁	t ₂	W	L	kg
BC 800	800	800	100	100	1000	1200	1037
BC 1000	1000	1000	100	100	1200	1200	1267
BC 1200	1200	1200	120	120	1440	1200	1825
BC 1500	1500	1500	150	150	1800	1200	2851
BC 2000	2000	2000	200	200	2400	1200	5069
BC 2500	2500	2500	200	200	2900	1200	6221
BC 3000	3000	3000	250	250	3500	1200	9360
BC 3500	3500	3500	300	300	4100	1200	13133
BC 4000	4000	4000	300	300	4600	1200	14861

Keterangan :

1. Mutu Beton minimum 350 kg/cm²
2. Mutu Baja Tulangan U - 24, U - 40 dan U - 50 (JIS A5305 ; JIS 5345)
3. Selain tipe diatas menyesuaikan spesifikasi permintaan
4. Data sewaktu - waktu dapat berubah tanpa pemberitahuan

Gambar 2. Brosur Box Culvert Precast dari PT. Varia Usaha Beton

Tabel 11. Perhitungan t_0 dan t_c Talang Vertikal Atap di Tower Bagian Utara

Nama Tower	Pipa Air Hujan	C.A. Atap	nd Atap	Panjang Pengaliran (l)	s Atap	t_0	L pipa	D pipa	V	tf	t_c
		(m ²)		(m)		(menit)	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)
TOWER A	TV.A.1	57,9	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.A.2	45,4	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.A.3	41,5	0,02	7,3	0,002	2,50	79,7	0,1	39,54	0,03	2,54
	TV.A.4	51,2	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.A.5	67	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.A.6	57	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.A.7	57	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.A.8	67	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.A.9	56,3	0,02	9,7	0,002	2,86	79,7	0,1	39,54	0,03	2,89
	TV.A.10	57	0,02	7,8	0,002	2,58	79,7	0,1	39,54	0,03	2,61
	TV.A.11	45	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.A.12	59	0,02	10,2	0,002	2,93	79,7	0,1	39,54	0,03	2,96
	TV.A.13	55,5	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.A.14	43,44	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.A.15	48,4	0,02	7,6	0,002	2,55	79,7	0,1	39,54	0,03	2,58
	TV.A.16	50	0,02	9,5	0,002	2,83	79,7	0,1	39,54	0,03	2,86
	TV.A.17	54,75	0,02	9,756	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,90
	TV.A.18	71,95	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.A.19	74,5	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.A.20	55,5	0,02	9,7	0,002	2,86	79,7	0,1	39,54	0,03	2,89
	TV.A.21	50	0,02	9,7	0,002	2,86	79,7	0,1	39,54	0,03	2,89
	TV.A.22	43,7	0,02	6,9	0,002	2,44	79,7	0,1	39,54	0,03	2,47
	TV.A.23	43,6	0,02	10,7	0,002	2,99	79,7	0,1	39,54	0,03	3,02
	TV.A.24	55,46	0,02	9,8	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,90
TOWER B	TV.B.1	67	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.B.2	64,6	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.B.3	46	0,02	9,64	0,002	2,85	79,7	0,1	39,54	0,03	2,88
	TV.B.4	34	0,02	7,74	0,002	2,57	79,7	0,1	39,54	0,03	2,61
	TV.B.5	68	0,02	10,93	0,002	3,02	79,7	0,1	39,54	0,03	3,05
	TV.B.6	67,5	0,02	11,3	0,002	3,07	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.B.7	68,8	0,02	11,3	0,002	3,07	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.B.8	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.B.9	34	0,02	7,6	0,002	2,55	79,7	0,1	39,54	0,03	2,58
	TV.B.10	48	0,02	9,12	0,002	2,78	79,7	0,1	39,54	0,03	2,81
	TV.B.11	25	0,02	7	0,002	2,45	79,7	0,1	39,54	0,03	2,49
	TV.B.12	54,2	0,02	9,5	0,002	2,83	79,7	0,1	39,54	0,03	2,86
	TV.B.13	68,32	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.B.14	68,32	0,02	11,18	0,002	3,05	79,7	0,1	39,54	0,03	3,09
	TV.B.15	58,1	0,02	9,8	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,90
	TV.B.16	21	0,02	7,3	0,002	2,50	79,7	0,1	39,54	0,03	2,54
	TV.B.17	48,2	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.B.18	45	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.B.19	74,9	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.B.20	74,9	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.B.21	45	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.B.22	57,3	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.B.23	46,6	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.B.24	70	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
TOWER C	TV.C.1	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.C.2	55,15	0,02	9,6	0,002	2,84	79,7	0,1	39,54	0,03	2,88
	TV.C.3	50	0,02	9,8	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,90
	TV.C.4	68	0,02	10,94	0,002	3,02	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.C.5	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.C.6	46,35	0,02	9,6	0,002	2,84	79,7	0,1	39,54	0,03	2,88
	TV.C.7	42,3	0,02	7,15	0,002	2,48	79,7	0,1	39,54	0,03	2,51
	TV.C.8	44,44	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.C.9	44	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.C.10	45,8	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.C.11	46,3	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.C.12	49,3	0,02	7,4	0,002	2,52	79,7	0,1	39,54	0,03	2,55
	TV.C.13	48,2	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.C.14	45	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.C.15	74,8	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.C.16	74,85	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76

	Lanjutan Tabel 11										
TOWER D	TV.C.17	45,3	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.C.18	48	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.C.19	55,74	0,02	10,24	0,002	2,93	79,7	0,1	39,54	0,03	2,96
	TV.C.20	70,8	0,02	11,2	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,09
	TV.D.1	55,63	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.D.2	45,24	0,02	7	0,002	2,45	79,7	0,1	39,54	0,03	2,49
	TV.D.3	70,2	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.D.4	48	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.D.5	45,5	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.D.6	74,9	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.D.7	75,7	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.D.8	45,7	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.D.9	46,5	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.D.10	55,35	0,02	10,5	0,002	2,97	79,7	0,1	39,54	0,03	3,00
	TV.D.11	61,4	0,02	10,5	0,002	2,97	79,7	0,1	39,54	0,03	3,00
	TV.D.12	47,4	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.D.13	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.D.14	59	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.D.15	59	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.D.16	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.D.17	47	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
TOWER E	TV.D.18	66	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.D.19	45,24	0,02	7	0,002	2,45	79,7	0,1	39,54	0,03	2,49
	TV.D.20	55,63	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.E.1	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.E.2	56,24	0,02	10,3	0,002	2,94	79,7	0,1	39,54	0,03	2,97
	TV.E.3	47	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.E.4	45,63	0,02	8,84	0,002	2,74	79,7	0,1	39,54	0,03	2,77
	TV.E.5	45,5	0,02	8,83	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,77
	TV.E.6	68,4	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.E.7	68,4	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.E.8	47	0,02	8,7	0,002	2,72	79,7	0,1	39,54	0,03	2,75
	TV.E.9	44,1	0,02	7	0,002	2,45	79,7	0,1	39,54	0,03	2,49
	TV.E.10	55,7	0,02	8,62	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,74
	TV.E.11	55,7	0,02	8,62	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,74
	TV.E.12	43,3	0,02	7,43	0,002	2,52	79,7	0,1	39,54	0,03	2,56
	TV.E.13	47	0,02	9,7	0,002	2,86	79,7	0,1	39,54	0,03	2,89
	TV.E.14	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.E.15	58,13	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.E.16	58,13	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.E.17	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
TOWER G	TV.E.18	50,8	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.E.19	56,7	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.E.20	68	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.G.1	86,15	0,02	14,46	0,002	3,44	79,7	0,1	39,54	0,03	3,48
	TV.G.2	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
	TV.G.3	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
	TV.G.4	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
	TV.G.5	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
	TV.G.6	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
	TV.G.7	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
TOWER H	TV.G.8	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
	TV.G.9	82,8	0,02	13,55	0,002	3,34	79,7	0,1	39,54	0,03	3,37
	TV.G.10	86,15	0,02	14,46	0,002	3,44	79,7	0,1	39,54	0,03	3,48
	TV.H.1	74,7	0,02	11,56	0,002	3,10	69,75	0,1	36,99	0,03	3,13
	TV.H.2	143	0,02	11,7	0,002	3,12	69,75	0,1	36,99	0,03	3,15
	TV.H.3	143	0,02	11,7	0,002	3,12	69,75	0,1	36,99	0,03	3,15
	TV.H.4	143	0,02	11,7	0,002	3,12	69,75	0,1	36,99	0,03	3,15
	TV.H.5	143	0,02	11,7	0,002	3,12	69,75	0,1	36,99	0,03	3,15
	TV.H.6	74,7	0,02	11,56	0,002	3,10	69,75	0,1	36,99	0,03	3,13
	FD.H.1	118,5	0,02	16,25	0,002	3,64	15,30	0,1	17,33	0,01	3,65
	FD.H.2	231,2	0,02	16,25	0,002	3,64	15,30	0,1	17,33	0,01	3,65
	FD.H.3	231,2	0,02	16,25	0,002	3,64	15,30	0,1	17,33	0,01	3,65

Tabel 12. Perhitungan t_0 dan t_c Talang Vertikal Atap di Tower Bagian Selatan

Nama Tower	Pipa Air Hujan	C.A. Atap	nd Atap	Panjang Pengaliran (l)	s Atap	t_0	L pipa	D pipa	V	tf	t_c
		(m ²)		(m)		(menit)	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)
TOWER I	TV.I.1	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.I.2	44,7	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.I.3	73,06	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.I.4	63,5	0,02	11,5	0,002	3,09	79,7	0,1	39,54	0,03	3,13
	TV.I.5	67	0,02	11,1	0,002	3,04	79,7	0,1	39,54	0,03	3,08
	TV.I.6	69	0,02	11,3	0,002	3,07	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.I.7	69	0,02	11,3	0,002	3,07	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.I.8	67	0,02	11,1	0,002	3,04	79,7	0,1	39,54	0,03	3,08
	TV.I.9	63,5	0,02	11,5	0,002	3,09	79,7	0,1	39,54	0,03	3,13
	TV.I.10	55,23	0,02	10,11	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.I.11	33,2	0,02	7,84	0,002	2,59	79,7	0,1	39,54	0,03	2,62
	TV.I.12	68	0,02	11,26	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.I.13	68	0,02	11,26	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.I.14	33,2	0,02	7,84	0,002	2,59	79,7	0,1	39,54	0,03	2,62
	TV.I.15	47,33	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.I.16	54,85	0,02	7,9	0,002	2,60	79,7	0,1	39,54	0,03	2,63
	TV.I.17	44	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.I.18	52,05	0,02	8,82	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,77
	TV.I.19	52,05	0,02	8,82	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,77
	TV.I.20	44	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.I.21	53,55	0,02	7,9	0,002	2,60	79,7	0,1	39,54	0,03	2,63
	TV.I.22	71,24	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.I.23	44,7	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.I.24	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
TOWER J	TV.J.1	117,81	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.J.2	63,5	0,02	11,5	0,002	3,09	79,7	0,1	39,54	0,03	3,13
	TV.J.3	96,32	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.J.4	96,32	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.J.5	66,63	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.J.6	55,6	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.J.7	34,22	0,02	7,9	0,002	2,60	79,7	0,1	39,54	0,03	2,63
	TV.J.8	69	0,02	11,2	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,09
	TV.J.9	69	0,02	11,2	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,09
	TV.J.10	34,22	0,02	7,9	0,002	2,60	79,7	0,1	39,54	0,03	2,63
	TV.J.11	47,4	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.J.12	54,85	0,02	10,24	0,002	2,93	79,7	0,1	39,54	0,03	2,96
	TV.J.13	67	0,02	11,15	0,002	3,05	79,7	0,1	39,54	0,03	3,08
	TV.J.14	67,5	0,02	11,25	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.J.15	67,5	0,02	11,25	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.J.16	67	0,02	11,15	0,002	3,05	79,7	0,1	39,54	0,03	3,08
	TV.J.17	53,55	0,02	10,24	0,002	2,93	79,7	0,1	39,54	0,03	2,96
	TV.J.18	117,81	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
TOWER K	TV.K.1	35	0,02	8,1	0,002	2,63	79,7	0,1	39,54	0,03	2,66
	TV.K.2	44,7	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.K.3	42,95	0,02	7,3	0,002	2,50	79,7	0,1	39,54	0,03	2,54
	TV.K.4	47	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.K.5	45,6	0,02	9	0,002	2,76	79,7	0,1	39,54	0,03	2,79

	Lanjutan Tabel 12										
	TV.K.6	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.K.7	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.K.8	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.K.9	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.K.10	45,6	0,02	9	0,002	2,76	79,7	0,1	39,54	0,03	2,79
	TV.K.11	47	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.K.12	55,9	0,02	7,84	0,002	2,59	79,7	0,1	39,54	0,03	2,62
	TV.K.13	45,1	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.K.14	45,1	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.K.15	49,5	0,02	7,84	0,002	2,59	79,7	0,1	39,54	0,03	2,62
	TV.K.16	51,2	0,02	9,8	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,90
	TV.K.17	51	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.K.18	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.K.19	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.K.20	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.K.21	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.K.22	51	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.K.23	55,9	0,02	9,83	0,002	2,88	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.K.24	40,1	0,02	7,3	0,002	2,50	79,7	0,1	39,54	0,03	2,54
	TV.K.25	44,7	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.K.26	35	0,02	8,1	0,002	2,63	79,7	0,1	39,54	0,03	2,66
TOWER L	TV.L.1	51,6	0,02	8,84	0,002	2,74	79,7	0,1	39,54	0,03	2,77
	TV.L.2	77,7	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.L.3	79,18	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.L.4	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.L.5	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.L.6	79,18	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.L.7	51	0,02	9,4	0,002	2,82	79,7	0,1	39,54	0,03	2,85
	TV.L.8	67,5	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.L.9	69	0,02	11,2	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,09
	TV.L.10	69	0,02	11,2	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,09
	TV.L.11	67,5	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.L.12	56	0,02	9,4	0,002	2,82	79,7	0,1	39,54	0,03	2,85
	TV.L.13	55,6	0,02	9,85	0,002	2,88	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.L.14	67	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.L.15	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.L.16	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.L.17	67	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.L.18	55,5	0,02	9,85	0,002	2,88	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.L.19	78,4	0,02	10	0,002	2,90	79,7	0,1	39,54	0,03	2,93
	TV.L.20	51,6	0,02	8,84	0,002	2,74	79,7	0,1	39,54	0,03	2,77
	TV.L.21	55,6	0,02	9,85	0,002	2,88	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.L.22	55,6	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91

Lanjutan Tabel 12. Perhitungan t_0 dan t_c Talang Vertikal Atap di Tower Bagian Selatan

Nama Tower	Pipa Air Hujan	C.A. Atap	nd Atap	Panjang Pengaliran (l)	s Atap	t_0	L pipa	D pipa	V	tf	t_c
		(m ²)		(m)		(menit)	(m)	(m)	(m/s)	(menit)	(menit)
TOWER M	TV.M.1	77	0,02	11,8	0,002	3,13	79,7	0,1	39,54	0,03	3,16
	TV.M.2	75,3	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.M.3	86,3	0,02	9,4	0,002	2,82	79,7	0,1	39,54	0,03	2,85
	TV.M.4	62	0,02	10,8	0,002	3,00	79,7	0,1	39,54	0,03	3,04
	TV.M.5	75	0,02	11,5	0,002	3,09	79,7	0,1	39,54	0,03	3,13
	TV.M.6	75	0,02	11,7	0,002	3,12	79,7	0,1	39,54	0,03	3,15
	TV.M.7	70	0,02	11,13	0,002	3,05	79,7	0,1	39,54	0,03	3,08
	TV.M.8	76	0,02	12	0,002	3,16	79,7	0,1	39,54	0,03	3,19
	TV.M.9	68,15	0,02	11,23	0,002	3,06	79,7	0,1	39,54	0,03	3,09
	TV.M.10	59,7	0,02	10,6	0,002	2,98	79,7	0,1	39,54	0,03	3,01
	TV.M.11	66,5	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.M.12	66,5	0,02	11	0,002	3,03	79,7	0,1	39,54	0,03	3,06
	TV.M.13	73,6	0,02	12	0,002	3,16	79,7	0,1	39,54	0,03	3,19
	TV.M.14	57,4	0,02	10,53	0,002	2,97	79,7	0,1	39,54	0,03	3,00
	TV.M.15	68,1	0,02	10,25	0,002	2,93	79,7	0,1	39,54	0,03	2,97
	TV.M.16	68	0,02	11,14	0,002	3,05	79,7	0,1	39,54	0,03	3,08
	TV.M.17	68	0,02	11,14	0,002	3,05	79,7	0,1	39,54	0,03	3,08
	TV.M.18	73,74	0,02	11,83	0,002	3,13	79,7	0,1	39,54	0,03	3,17
	TV.M.19	70	0,02	11,3	0,002	3,07	79,7	0,1	39,54	0,03	3,10
	TV.M.20	50	0,02	9,4	0,002	2,82	79,7	0,1	39,54	0,03	2,85
	TV.M.21	75,3	0,02	8,6	0,002	2,70	79,7	0,1	39,54	0,03	2,73
	TV.M.22	77	0,02	11,8	0,002	3,13	79,7	0,1	39,54	0,03	3,16
TOWER N	TV.N.1	35	0,02	8,1	0,002	2,63	79,7	0,1	39,54	0,03	2,66
	TV.N.2	44,7	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.N.3	42,95	0,02	7,3	0,002	2,50	79,7	0,1	39,54	0,03	2,54
	TV.N.4	47	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.N.5	45,6	0,02	9	0,002	2,76	79,7	0,1	39,54	0,03	2,79
	TV.N.6	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.N.7	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.N.8	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.N.9	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.N.10	45,6	0,02	9	0,002	2,76	79,7	0,1	39,54	0,03	2,79
	TV.N.11	47	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.N.12	55,9	0,02	7,84	0,002	2,59	79,7	0,1	39,54	0,03	2,62
	TV.N.13	51,6	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.N.14	51,6	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.N.15	49,5	0,02	7,84	0,002	2,59	79,7	0,1	39,54	0,03	2,62
	TV.N.16	51,2	0,02	9,8	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,90
	TV.N.17	51	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.N.18	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.N.19	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.N.20	57	0,02	10,1	0,002	2,91	79,7	0,1	39,54	0,03	2,95
	TV.N.21	44,75	0,02	8,8	0,002	2,73	79,7	0,1	39,54	0,03	2,76
	TV.N.22	51	0,02	9,82	0,002	2,87	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.N.23	55,9	0,02	9,83	0,002	2,88	79,7	0,1	39,54	0,03	2,91
	TV.N.24	40,1	0,02	7,3	0,002	2,50	79,7	0,1	39,54	0,03	2,54
	TV.N.25	44,7	0,02	7,1	0,002	2,47	79,7	0,1	39,54	0,03	2,50
	TV.N.26	35	0,02	8,1	0,002	2,63	79,7	0,1	39,54	0,03	2,66

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel 13. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Utara

TOWER	Saluran		Total C.A.	C gab.	L sal.	t0 Atap	t0 Jalan	tf	tc	I	Q hidrologi	b	h	A	P	R	s	V	Q Hidrolika
	dari	ke	m ²		m	menit	menit	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m	m ²	m	m	saluran rencana	m/s	m ³ /s
TOWER G-H	G1	G2	1529,5	0,8	72,94	3,48	1,98	2,81	6,29	177,29	0,06	1	0,3	0,2	1,4	0,14	0,001	0,43	0,09
	H3	G4	643,6	0,8	40,65	3,15	2,31	1,76	4,91	209,08	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	G4	G3	1011,55	0,8	42	3,15	3,23	1,75	6,66	170,64	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	H1	H4	360,7	0,8	30	3,15	0	1,47	4,62	217,85	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	H4	H5	360,7	0,8	14,45	3,15	0	0,71	5,33	198,11	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	H5	G1	580,9	0,8	55,2	3,65	0	2,52	6,17	179,62	0,02	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	G3	H2	189,675	0,8	42,7	0	2,39	2,32	4,71	215,02	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	H4	H2	214,185	0,8	49,8	0	2,65	2,70	5,35	197,61	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
TOWER D	E7	D10	431,193	0,8	22,45	2,73	3,52	1,10	4,62	217,77	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	D10	D9	870,953	0,8	17	0	2,43	0,71	5,33	198,02	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	D9	D8	966,093	0,8	28,74	1,53	2,05	1,20	6,53	172,99	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	D8	D7	1188,033	0,8	16,85	0	1,78	0,70	7,23	161,60	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	D7	D6	1275,933	0,8	7,2	0	1,58	0,29	7,52	157,41	0,04	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	C8	E5	556,44	0,8	31,9	2,93	2,57	1,33	4,26	229,86	0,03	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	E5	D1	1174,31	0,8	35,9	0	2,90	1,45	5,71	189,09	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	C8	B8	534	0,8	35,9	3,06	2,91	1,76	7,47	158,13	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	B8	D1	1150,93	0,8	31,9	0	3,00	1,33	8,80	141,77	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	D1	D4	2325,24	0,8	13,7	0	0	0,52	9,32	136,45	0,07	1,1	0,3	0,22	1,5	0,15	0,001	0,44	0,10
	D4	D5	2325,24	0,8	7,5	0	1,84	0,28	9,60	133,75	0,07	1,1	0,3	0,22	1,5	0,15	0,001	0,44	0,10
TOWER E	E7	E8	255	0,8	13,45	2,74	3,52	0,73	4,25	230,20	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	E8	E9	584,13	0,8	16,7	0	1,90	0,76	5,01	206,25	0,03	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	E9	E10	679,17	0,8	28,74	1,53	2,02	1,31	6,32	176,66	0,03	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	E10	E11	1010,9	0,8	16,85	0	2,40	0,70	7,03	164,69	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	E11	E12	1228,6	0,8	16,75	0	2,13	0,70	7,72	154,61	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	E3	E2	218,33	0,8	16,4	2,93	2,40	0,89	3,82	247,17	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	E2	E1	422,77	0,8	16,65	0	2,13	0,81	4,64	217,29	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
TOWER C	E3	C9	252,15	0,8	16,55	2,93	2,40	0,90	3,83	246,82	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	C9	C10	462,69	0,8	16,75	0	2,13	0,76	4,59	218,63	0,02	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	C3	C2	168,225	0,8	9,5	3,06	2,40	0,52	3,57	258,57	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	C2	C1	341,6	0,8	16,65	0	2,13	0,81	4,39	225,47	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03

Lanjutan Tabel 13. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Utara

TOWER	Saluran		Total C.A.	C gab.	L sal.	t0 Atap	t0 Jalan	tf	tc	I	Q hidrologi	b	h	A	P	R	s	V	Q Hidrolika
	dari	ke	m ²		m	menit	menit	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m	m ²	m	m	saluran rencana	m/s	m ³ /s
TOWER B	D4	B7	507	0,8	32,2	3,06	2,26	1,47	4,53	220,58	0,02	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	B7	B6	936,42	0,8	17,3	0	3,61	0,72	5,25	199,91	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	C4	C5	215,49	0,8	11,2	3,06	2,23	0,61	3,67	253,86	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	C5	B1	769,83	0,8	35,9	0	2,47	1,56	5,23	200,59	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	B1	B2	1168,65	0,8	23,33	0	2,47	0,94	6,17	179,61	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	B2	B3	1282,794	0,8	28,74	1,53	2,65	1,16	7,33	160,10	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	B6	B5	127	0,8	23,06	1,53	2,52	1,25	3,77	249,29	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	B3	B4	375,8	0,8	23,45	3,10	2,70	1,15	4,25	230,27	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	B4	B5	490,92	0,8	19,65	0	2,87	0,90	5,15	202,69	0,02	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
TOWER A	A10	A11	297,1	0,8	17,53	3,06	2,65	0,86	3,92	242,93	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	A11	A12	556,96	0,8	19,75	0	3,08	0,90	4,82	211,65	0,03	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	A2	A1	390,8	0,8	19,75	3,06	3,16	0,97	4,12	234,90	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	A2	A3	459,2	0,8	18,25	3,06	3,16	0,83	3,99	240,13	0,02	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	A3	A4	526,53	0,8	35,29	1,53	3,14	1,61	5,60	191,58	0,02	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	A6	A5	258	0,8	16,75	2,96	2,56	0,91	3,87	245,21	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	A5	A4	535,3	0,8	21,25	0	2,06	0,97	4,84	211,24	0,03	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	A9	A8	350,7	0,8	17,46	3,06	3,28	0,85	4,14	234,40	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	A8	A7	672,04	0,8	21,25	0	2,11	0,92	5,06	205,02	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	A7	A6	800,04	0,8	28,74	1,53	2,45	1,25	6,30	177,04	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05

Tabel 14. Perhitungan Elevasi Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Utara

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TOWER	Saluran		L saluran	h	s saluran	Elevasi As (Gambar layout)	Elevasi Dasar Hilir	Elevasi M.A Hilir	Elevasi M.A Hulu	Elevasi Top Saluran	Elevasi Ground Surface Lt. 5	Status
	dari	ke	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
TOWER G-H	G1	G2	72,94	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,523	32,623	32,7	OK
	H3	G4	40,65	0,3	0,001	32,5	32,292	32,492	32,533	32,633	32,7	OK
	G4	G3	42	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,492	32,592	32,7	OK
	H1	H4	30	0,3	0,001	32,5	32,264	32,464	32,494	32,594	32,7	OK
	H4	H5	14,45	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,464	32,564	32,7	OK
	H5	G1	55,2	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,505	32,605	32,7	OK
	G3	H2	42,7	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,493	32,593	32,7	OK
TOWER D	H4	H2	49,8	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,500	32,600	32,7	OK
	E7	D10	22,45	0,3	0,001	32,5	32,320	32,520	32,542	32,642	32,7	OK
	D10	D9	17	0,3	0,001	32,5	32,303	32,503	32,520	32,620	32,7	OK
	D9	D8	28,74	0,3	0,001	32,5	32,274	32,474	32,503	32,603	32,7	OK
	D8	D7	16,85	0,3	0,001	32,5	32,257	32,457	32,474	32,574	32,7	OK
	D7	D6	7,2	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,457	32,557	32,7	OK
	C8	E5	31,9	0,3	0,001	32,5	32,375	32,575	32,607	32,707	32,7	OK
	E5	D1	35,9	0,3	0,001	32,5	32,339	32,539	32,575	32,675	32,7	OK
	C8	B8	35,9	0,3	0,001	32,5	32,303	32,503	32,539	32,639	32,7	OK
	B8	D1	31,9	0,3	0,001	32,5	32,271	32,471	32,503	32,603	32,7	OK
TOWER E	D1	D4	13,7	0,3	0,001	32,5	32,258	32,458	32,471	32,571	32,7	OK
	D4	D5	7,5	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,458	32,558	32,7	OK
	E7	E8	13,45	0,3	0,001	32,5	32,362	32,562	32,576	32,676	32,7	OK
	E8	E9	16,7	0,3	0,001	32,5	32,345	32,545	32,562	32,662	32,7	OK
	E9	E10	28,74	0,3	0,001	32,5	32,317	32,517	32,545	32,645	32,7	OK
	E10	E11	16,85	0,3	0,001	32,5	32,300	32,500	32,517	32,617	32,7	OK
	E11	E12	16,75	0,3	0,001	32,5	32,283	32,483	32,500	32,600	32,7	OK
TOWER C	E3	E2	16,4	0,3	0,001	32,5	32,267	32,467	32,483	32,583	32,7	OK
	E2	E1	16,65	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,467	32,567	32,7	OK
	E3	C9	16,55	0,3	0,001	32,5	32,293	32,493	32,509	32,609	32,7	OK
	C9	C10	16,75	0,3	0,001	32,5	32,276	32,476	32,493	32,593	32,7	OK
	C3	C2	9,5	0,3	0,001	32,5	32,267	32,467	32,476	32,576	32,7	OK
	C2	C1	16,65	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,467	32,567	32,7	OK

Keterangan :

Kolom 1: nama tower

Kolom 2: nama saluran

Kolom 3: panjang saluran

Kolom 4: tinggi saluran

Kolom 5: kemiringan rencana saluran

Kolom 6: elevasi as gambar lantai 5

Kolom 7: Kolom 6 - 0,25 (untuk sal. ujung)

Kolom 8: Kolom 7 + (Kolom 4 - 0,1)

Kolom 9: Kolom 8 + (Kolom 3 × Kolom 5)

Kolom 10: Kolom 9 + 0,1

Kolom 11: elevasi lantai 5 kondisi real

Kolom 12: Kolom 10 ≤ Kolom 11

Lanjutan Tabel 14. Perhitungan Elevasi Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Utara

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TOWER	Saluran		L saluran	h	s saluran	Elevasi As (Gambar layout)	Elevasi Dasar Hilir	Elevasi M.A Hilir	Elevasi M.A Hulu	Elevasi Top Saluran	Elevasi Ground Surface Lt. 5	Status
	dari	ke	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
TOWER B	D4	B7	32,2	0,3	0,001	32,5	32,267	32,467	32,5	32,6	32,7	OK
	B7	B6	17,3	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,467	32,567	32,7	OK
	C4	C5	11,2	0,3	0,001	32,5	32,338	32,538	32,549	32,649	32,7	OK
	C5	B1	35,9	0,3	0,001	32,5	32,302	32,502	32,538	32,638	32,7	OK
	B1	B2	23,33	0,3	0,001	32,5	32,279	32,479	32,502	32,602	32,7	OK
	B2	B3	28,74	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,479	32,579	32,7	OK
	B6	B5	23,06	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,473	32,573	32,7	OK
	B3	B4	23,45	0,3	0,001	32,5	32,270	32,470	32,493	32,593	32,7	OK
	B4	B5	19,65	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,470	32,570	32,7	OK
TOWER A	A10	A11	17,53	0,3	0,001	32,5	32,270	32,470	32,487	32,587	32,7	OK
	A11	A12	19,75	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,470	32,570	32,7	OK
	A2	A1	19,75	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,470	32,570	32,7	OK
	A2	A3	18,25	0,3	0,001	32,5	32,285	32,485	32,504	32,604	32,7	OK
	A3	A4	35,29	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,485	32,585	32,7	OK
	A6	A5	16,75	0,3	0,001	32,5	32,271	32,471	32,488	32,588	32,7	OK
	A5	A4	21,25	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,471	32,571	32,7	OK
	A9	A8	17,46	0,3	0,001	32,5	32,3	32,5	32,517	32,617	32,7	OK
	A8	A7	21,25	0,3	0,001	32,5	32,279	32,479	32,5	32,6	32,7	OK
	A7	A6	28,74	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,479	32,579	32,7	OK

Keterangan :

Kolom 1: nama tower

Kolom 2: nama saluran

Kolom 3: panjang saluran

Kolom 4: tinggi saluran

Kolom 5: kemiringan rencana saluran

Kolom 6: elevasi as gambar lantai 5

Kolom 7: Kolom 6 - 0,25 (untuk sal. ujung)

Kolom 8: Kolom 7 + (Kolom 4 – 0,1)

Kolom 9: Kolom 8 + (Kolom 3 × Kolom 5)

Kolom 10: Kolom 9 + 0,1

Kolom 11: elevasi lantai 5 kondisi real

Kolom 12: Kolom 10 ≤ Kolom 11

Tabel 15. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hdrolika Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Selatan

TOWER	Saluran		Total C.A.	C gab.	L sal.	t0 Atap	t0 Jalan	tf	tc	I	Q hidrologi	b	h	A	P	R	s	V	Q Hidrolika
	dari	ke	m ²		m	menit	menit	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m	m ²	m	m	saluran rencana	m/s	m ³ /s
TOWER M	M10	M9	68,4	0,8	29,34	1,53	2,13	1,59	3,72	251,62	0,00	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	M9	M8	397,475	0,8	17,25	0	2,11	0,84	4,56	219,56	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	M8	M7	673,15	0,8	16,65	0	4,11	0,72	5,29	199,10	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	M3	M4	104	0,8	25,17	1,53	2,15	1,36	3,51	261,58	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	M4	M5	488,15	0,8	17,25	0	2,23	0,79	4,30	228,58	0,02	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	M5	M6	784,35	0,8	15,15	0	3,38	0,63	4,93	208,62	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	M3	M2	334,9	0,8	17,85	3,15	1,98	0,87	4,03	238,72	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	M2	M1	705,2	0,8	29,25	0	1,84	1,27	5,29	198,91	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	M1	M12	975,2	0,8	29,34	1,53	2,60	1,22	6,52	173,18	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	M12	M11	402,3	0,8	28,65	3,16	2,77	1,40	4,57	219,48	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	M11	M10	714,04	0,8	17,25	0	1,87	0,75	5,31	198,39	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
TOWER L	L1	L2	344,9	0,8	18,85	2,93	2,90	0,92	3,85	245,75	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	L2	L3	438,24	0,8	27,54	1,53	1,93	1,35	5,20	201,23	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	L3	L4	934,02	0,8	18,25	0	2,61	0,76	5,96	183,74	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	L4	L5	1237,52	0,8	25,15	0	2,23	1,02	6,98	165,44	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	L6	L5	253,73	0,8	27,54	1,53	3,06	1,49	4,56	219,80	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	L5	L5'	1656,35	0,8	8,75	0	2,66	0,34	7,32	160,21	0,06	0,9	0,3	0,18	1,3	0,14	0,001	0,42	0,08
	L10	L9	349,7	0,8	17	3,06	2,88	0,83	3,90	244,01	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	L9	L8	414,05	0,8	23,38	1,53	1,61	1,14	5,04	205,52	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	L8	L7	688,65	0,8	17	0	1,90	0,74	5,78	187,66	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	L7	L6	616,725	0,8	25,75	0	1,71	1,07	6,85	167,51	0,02	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
TOWER N	L6	L6'	713,425	0,8	8,75	0	2,40	0,36	7,21	161,82	0,03	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	N12	N1	379,4	0,8	14,5	0	3,31	0,71	4,02	239,01	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	N1	N2	676,65	0,8	16,3	2,66	3,13	0,71	4,72	214,55	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	N2	N3	1045,6	0,8	20,35	0	2,50	0,82	5,55	192,80	0,04	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	L1	N5	556,8	0,8	31,1	2,93	2,35	1,42	4,35	226,69	0,03	0,5	0,3	0,1	0,9	0,11	0,001	0,37	0,04
	N5	N4	908,75	0,8	20,35	0	2,90	0,85	5,20	201,32	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	N4	N3	1343,24	0,8	27,54	1,53	2,81	1,08	6,28	177,43	0,05	0,9	0,3	0,18	1,3	0,14	0,001	0,42	0,08
	N12	N11	281,8	0,8	16,3	2,66	3,08	0,80	3,88	244,80	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	N11	N10	652,45	0,8	20,35	0	2,23	0,88	4,76	213,54	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	L10	N8	571,49	0,8	31,1	2,93	2,44	1,35	4,28	229,19	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
TOWER J	N8	N9	945,64	0,8	20,35	0	2,88	0,82	5,10	203,86	0,04	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	N9	N10	1260,64	0,8	27,54	1,53	3,45	1,11	6,21	178,74	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	K8	J10	214,78	0,8	22,2	2,76	2,44	1,20	3,97	241,04	0,01	0,3	0,3	0,06	0,7	0,09	0,001	0,31	0,02
	J10	J9	809,04	0,8	25,75	0	2,47	1,07	5,04	205,50	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	J9	J8	1255,18	0,8	27,54	1,53	2,81	1,11	6,15	179,92	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	J8	J7	1666,58	0,8	25,75	0	2,64	0,99	7,15	162,84	0,06	1	0,3	0,2	1,4	0,14	0,001	0,43	0,09
	J7	J6	1944,45	0,8	13,9	0	2,67	0,53	7,67	155,29	0,07	1,1	0,3	0,22	1,5	0,15	0,001	0,44	0,10

Lanjutan Tabel 15. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hdrolika Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Selatan

TOWER	Saluran		Total C.A.	C gab.	L sal.	t0 Atap	t0 Jalan	tf	tc	I	Q hidrologi	b	h	A	P	R	s rencana	V	Q Hidrolika
	dari	ke	m ²		m	menit	menit	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m	m ²	m	m		m/s	m ³ /s
TOWER K	K8	K9	324,1	0,8	25,75	2,95	2,45	1,26	4,21	231,88	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	K9	K10	441,32	0,8	27,54	1,53	2,13	1,35	5,55	192,66	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	K10	K11	891,87	0,8	25,75	0,00	2,13	1,12	6,67	170,52	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	K11	K12	1253,57	0,8	16,3	0	2,81	0,66	7,33	160,15	0,04	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	K12	K1	1642,07	0,8	14,5	0	3,73	0,57	7,90	152,33	0,06	0,9	0,3	0,18	1,3	0,14	0,001	0,42	0,08
	K1	K2	262,65	0,8	16,3	2,66	3,23	0,80	4,03	238,47	0,01	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	K2	K3	597	0,8	20,35	0	1,87	0,88	4,91	209,02	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	J1	K5	387,25	0,8	22,2	3,06	2,05	1,09	4,15	233,93	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	K5	K4	802,76	0,8	20,35	0	2,48	0,85	5,00	206,67	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	K4	K3	1072,06	0,8	27,54	1,53	3,33	1,15	6,15	180,07	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
TOWER I	J5	J4	304,57	0,8	13,9	3,09	3,32	0,68	4,00	239,59	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	J4	I8	1012,85	0,8	42,2	0	1,95	1,76	5,76	187,97	0,04	0,7	0,3	0,14	1,1	0,13	0,001	0,40	0,06
	I8	I7	1259,8	0,8	13,9	0	3,32	0,56	6,32	176,67	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	I7	I6	1259,8	0,8	14,5	0	0	0,59	6,91	166,54	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	I6	I5	1600,63	0,8	13,9	0	2,69	0,55	7,46	158,28	0,06	0,9	0,3	0,18	1,3	0,14	0,001	0,42	0,08
	I5	I4	1984,53	0,8	27,4	0	1,95	1,06	8,51	144,90	0,06	1	0,3	0,2	1,4	0,14	0,001	0,43	0,09
	I4	I3	2631,63	0,8	27,54	1,53	4,69	1,03	9,54	134,29	0,08	1,2	0,3	0,24	1,6	0,15	0,001	0,45	0,11
	J1	I9	713,08	0,8	42,2	3,13	2,48	1,83	4,96	207,83	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	I9	I10	1065,8	0,8	17	0	2,59	0,69	5,64	190,61	0,05	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	I10	I1'	1118,95	0,8	14,52	1,53	2,36	0,59	6,23	178,45	0,04	0,8	0,3	0,16	1,2	0,13	0,001	0,41	0,07
	I3	I2	328,25	0,8	17	3,13	2,23	0,83	3,96	241,39	0,02	0,4	0,3	0,08	0,8	0,1	0,001	0,34	0,03
	I2	I1	631,76	0,8	17	0	2,83	0,74	4,70	215,44	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05
	I1	I1'	660,61	0,8	13,02	0	2,36	0,56	5,26	199,74	0,03	0,6	0,3	0,12	1	0,12	0,001	0,38	0,05

Tabel 16. Perhitungan Elevasi Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Selatan

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TOWER	Saluran		L saluran	h	s saluran	Elevasi As (Gambar layout)	Elevasi Dasar Hilir	Elevasi M.A Hilir	Elevasi M.A Hulu	Elevasi Top Saluran	Elevasi Ground Surface Lt. 5	Status
	dari	ke	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
TOWER M	M10	M9	29,34	0,3	0,001	32,5	32,297	32,497	32,526	32,626	32,7	OK
	M9	M8	17,25	0,3	0,001	32,5	32,279	32,479	32,497	32,597	32,7	OK
	M8	M7	16,65	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,479	32,579	32,7	OK
	M3	M4	25,17	0,3	0,001	32,5	32,292	32,492	32,518	32,618	32,7	OK
	M4	M5	17,25	0,3	0,001	32,5	32,275	32,475	32,492	32,592	32,7	OK
	M5	M6	15,15	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,475	32,575	32,7	OK
	M3	M2	17,85	0,3	0,001	32,5	32,297	32,497	32,515	32,615	32,7	OK
	M2	M1	29,25	0,3	0,001	32,5	32,268	32,468	32,497	32,597	32,7	OK
	M1	M12	29,34	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,468	32,568	32,7	OK
	M12	M11	28,65	0,3	0,001	32,5	32,279	32,479	32,508	32,608	32,7	OK
TOWER L	M11	M10	17,25	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,479	32,579	32,7	OK
	L1	L2	18,85	0,3	0,001	32,5	32,374	32,574	32,592	32,692	32,7	OK
	L2	L3	27,54	0,3	0,001	32,5	32,346	32,546	32,574	32,674	32,7	OK
	L3	L4	18,25	0,3	0,001	32,5	32,328	32,528	32,546	32,646	32,7	OK
	L4	L5	25,15	0,3	0,001	32,5	32,303	32,503	32,528	32,628	32,7	OK
	L6	L5	27,54	0,3	0,001	32,5	32,275	32,475	32,503	32,603	32,7	OK
	L5	L5'	8,75	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,475	32,575	32,7	OK
	L10	L9	17	0,3	0,001	32,5	32,333	32,533	32,550	32,650	32,7	OK
	L9	L8	23,38	0,3	0,001	32,5	32,310	32,510	32,533	32,633	32,7	OK
	L8	L7	17	0,3	0,001	32,5	32,293	32,493	32,510	32,610	32,7	OK
TOWER N	L7	L6	25,75	0,3	0,001	32,5	32,267	32,467	32,493	32,593	32,7	OK
	L6	L6'	34,5	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,467	32,567	32,7	OK
	N12	N1	14,5	0,3	0,001	32,5	32,281	32,481	32,495	32,595	32,7	OK
	N1	N2	16,3	0,3	0,001	32,5	32,265	32,465	32,481	32,581	32,7	OK
	N2	N3	20,35	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,465	32,565	32,7	OK
	L1	N5	31,1	0,3	0,001	32,5	32,301	32,501	32,533	32,633	32,7	OK
	N5	N4	20,35	0,3	0,001	32,5	32,281	32,481	32,501	32,601	32,7	OK
	N4	N3	27,54	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,481	32,581	32,7	OK
	N12	N11	16,3	0,3	0,001	32,5	32,278	32,478	32,494	32,594	32,7	OK
	N11	N10	20,35	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,478	32,578	32,7	OK
TOWER J	L10	N8	31,1	0,3	0,001	32,5	32,301	32,501	32,533	32,633	32,7	OK
	N8	N9	20,35	0,3	0,001	32,5	32,281	32,481	32,501	32,601	32,7	OK
	N9	N10	27,54	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,481	32,581	32,7	OK
	K8	J10	22,2	0,3	0,001	32,5	32,357	32,557	32,579	32,679	32,7	OK
	J10	J9	25,75	0,3	0,001	32,5	32,331	32,531	32,557	32,657	32,7	OK
	J9	J8	27,54	0,3	0,001	32,5	32,303	32,503	32,531	32,631	32,7	OK
TOWER J	J8	J7	25,75	0,3	0,001	32,5	32,278	32,478	32,503	32,603	32,7	OK
	J7	J6	13,9	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,478	32,578	32,7	OK

Keterangan :

Kolom 1: nama tower

Kolom 2: nama saluran

Kolom 3: panjang saluran

Kolom 4: tinggi saluran

Kolom 5: kemiringan rencana saluran

Kolom 6: elevasi as gambar lantai 5

Kolom 7: Kolom 6 - 0,25 (untuk sal. ujung)

Kolom 8: Kolom 7 + (Kolom 4 – 0,1)

Kolom 9: Kolom 8 + (Kolom 3 × Kolom 5)

Kolom 10: Kolom 9 + 0,1

Kolom 11: elevasi lantai 5 kondisi real

Kolom 12: Kolom 10 ≤ Kolom 11

Lanjutan Tabel 16. Perhitungan Elevasi Saluran di Lantai 5 (Area Terbuka) Tower Bagian Selatan

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TOWER	Saluran		L saluran	h	s	Elevasi As (Gambar layout)	Elevasi Dasar Hilir	Elevasi M.A Hilir	Elevasi M.A Hulu	Elevasi Top Saluran	Elevasi Ground Surface Lt. 5	Status
	dari	ke	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
TOWER K	K8	K9	25,75	0,3	0,001	32,5	32,345	32,545	32,571	32,671	32,7	OK
	K9	K10	27,54	0,3	0,001	32,5	32,318	32,518	32,545	32,645	32,7	OK
	K10	K11	25,75	0,3	0,001	32,5	32,292	32,492	32,518	32,618	32,7	OK
	K11	K12	16,3	0,3	0,001	32,5	32,276	32,476	32,492	32,592	32,7	OK
	K12	K1	14,5	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,476	32,576	32,7	OK
	K1	K2	16,3	0,3	0,001	32,5	32,265	32,465	32,481	32,581	32,7	OK
	K2	K3	20,35	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,465	32,565	32,7	OK
	J1	K5	22,2	0,3	0,001	32,5	32,293	32,493	32,515	32,615	32,7	OK
	K5	K4	20,35	0,3	0,001	32,5	32,272	32,472	32,493	32,593	32,7	OK
	K4	K3	27,54	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,472	32,572	32,7	OK
TOWER I	J5	J4	13,9	0,3	0,001	32,5	32,376	32,576	32,590	32,690	32,7	OK
	J4	I8	42,2	0,3	0,001	32,5	32,334	32,534	32,576	32,676	32,7	OK
	I8	I7	13,9	0,3	0,001	32,5	32,320	32,520	32,534	32,634	32,7	OK
	I7	I6	14,5	0,3	0,001	32,5	32,305	32,505	32,520	32,620	32,7	OK
	I6	I5	13,9	0,3	0,001	32,5	32,291	32,491	32,505	32,605	32,7	OK
	I5	I4	27,4	0,3	0,001	32,5	32,264	32,464	32,491	32,591	32,7	OK
	I4	I3	27,54	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,464	32,564	32,7	OK
	J1	I9	42,2	0,3	0,001	32,5	32,309	32,509	32,551	32,651	32,7	OK
	I9	I10	17	0,3	0,001	32,5	32,292	32,492	32,509	32,609	32,7	OK
	I10	II'	14,52	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,492	32,592	32,7	OK
	I3	I2	17	0,3	0,001	32,5	32,284	32,484	32,501	32,601	32,7	OK
	I2	I1	17	0,3	0,001	32,5	32,267	32,467	32,484	32,584	32,7	OK
	I1	II'	30,02	0,3	0,001	32,5	32,25	32,45	32,467	32,567	32,7	OK

Keterangan :

Kolom 1: nama tower

Kolom 2: nama saluran

Kolom 3: panjang saluran

Kolom 4: tinggi saluran

Kolom 5: kemiringan rencana saluran

Kolom 6: elevasi as gambar lantai 5

Kolom 7: Kolom 6 - 0,25 (untuk sal. ujung)

Kolom 8: Kolom 7 + (Kolom 4 – 0,1)

Kolom 9: Kolom 8 + (Kolom 3 × Kolom 5)

Kolom 10: Kolom 9 + 0,1

Kolom 11: elevasi lantai 5 kondisi real

Kolom 12: Kolom 10 ≤ Kolom 11

Tabel 17. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Jaringan Pipa Horizontal *Line 1* di Lantai LG

Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		to	L pipa	tf	tc	I	Q hidrologi	D pipa	d, tinggi air dalam pipa	Ø	A	R	s rencana saluran	V	Q hidrolika	STATUS
	dari	ke	menit	m	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m		m ²	m		m/s	m ³ /s	
TH.LG.B1	TV.SB.B5	TV.SB.B6	5,17	16,4	1,71	6,88	215,33	0,03	0,1	0,075	240	0,30	0,03	0,0005	0,16	0,05	OK
TH.LG.B2	TV.SB.B6	TV.SB.D5	6,88	32	2,55	9,43	174,51	0,06	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK
TH.LG.B3	TV.SB.D5	TV.SB.D6	9,62	13,25	1,06	10,68	160,62	0,14	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK
TH.LG.B4	TV.SB.D6	TV.SB.G2	10,68	32	2,44	13,12	140,01	0,16	0,16	0,12	240	0,77	0,04	0,0005	0,22	0,17	OK
TH.LG.B5	TV.SB.G2	TV.SB.G3	13,12	15,63	1,10	14,22	132,68	0,20	0,18	0,135	240	0,98	0,05	0,0005	0,24	0,23	OK
TH.LG.B6	TV.SB.G3	TV.SB.H2	14,22	42,3	2,98	17,20	116,86	0,20	0,18	0,135	240	0,98	0,05	0,0005	0,24	0,23	OK
TH.LG.B7	TV.SB.H2	TV.SB.H5	17,20	63,7	4,49	21,69	100,11	0,18	0,18	0,135	240	0,98	0,05	0,0005	0,24	0,23	OK
TH.LG.B8	TV.SB.H5	DECK.8-DECK.9	21,69	7,7	0,54	22,24	98,47	0,19	0,18	0,135	240	0,98	0,05	0,0005	0,24	0,23	OK

Tabel 18. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Jaringan Pipa Horizontal *Line 2* di Lantai LG

Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		to	L pipa	tf	tc	I	Q hidrologi	D pipa	d, tinggi air dalam pipa	Ø	A	R	s rencana saluran	V	Q hidrolika	STATUS
	dari	ke	menit	m	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m		m ²	m		m/s	m ³ /s	
TH.LG.B9	TV.SB.B3	TV.SB.A6	7,35	31,93	3,33	10,68	160,55	0,05	0,1	0,075	240	0,30	0,03	0,0005	0,16	0,05	OK
TH.LG.B10	TV.SB.A6	TV.SB.A4	10,68	27	2,15	12,83	142,07	0,07	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK
TH.LG.B11	TV.SB.A4	TV.SB.A1	12,83	37	2,95	15,78	123,78	0,09	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK
TH.LG.B12	TV.SB.A1	TV.SB.A12	15,78	13,5	1,08	16,85	118,46	0,09	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK
TH.LG.B13	TV.SB.A12	TV.SB.C1	16,85	28,8	2,29	19,15	108,80	0,10	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK
TH.LG.B14	TV.SB.C1	DECK.6-DECK.7	19,15	7,7	0,61	19,76	106,54	0,10	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK

Tabel 19. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Jaringan Pipa Horizontal *Line 3* di Lantai LG

Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		to	L pipa	tf	tc	I	Q hidrologi	D pipa	d, tinggi air dalam pipa	Ø	A	R	s rencana saluran	V	Q hidrolika	STATUS
	dari	ke	menit	m	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m		m ²	m		m/s	m ³ /s	
TH.LG.B15	TV.SB.C10	TV.SB.E1	4,61	33,3	3,48	8,09	193,26	0,02	0,1	0,075	240	0,30	0,03	0,0005	0,16	0,05	OK
TH.LG.B16	TV.SB.E1	TV.SB.E12	8,09	13,5	1,41	9,50	173,64	0,03	0,1	0,075	240	0,30	0,03	0,0005	0,16	0,05	OK
TH.LG.B17	TV.SB.E12	TV.SB.G1	9,50	32,65	2,60	12,10	147,77	0,07	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK
TH.LG.B18	TV.SB.G1	DECK.7-DECK.8	12,10	7,7	0,61	12,71	142,97	0,09	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,14	OK

Tabel 20. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Jaringan Pipa Horizontal *Line 4* di Lantai LG

Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		to	L pipa	tf	tc	I	Q hidrologi	D pipa	d, tinggi air dalam pipa	Ø	A	R	s rencana saluran	V	Q hidrolika	STATUS
	dari	ke	menit	m	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m		m ²	m		m/s	m ³ /s	
TH.LG.A1	TV.SB.N3	TV.SB.K1	6,30	48,7	3,88	10,18	128,60	0,07	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A2	TV.SB.K1	TV.SB.K3	10,18	26	2,07	12,25	113,67	0,10	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A3	TV.SB.K3	TV.SB.I1	12,25	31,75	2,53	14,78	100,31	0,13	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A4	TV.SB.I1	TV.SB.I3	14,78	42,44	2,79	17,57	89,38	0,15	0,2	0,15	240	1,20	0,05	0,0005	0,25	0,305	OK
TH.LG.A5	TV.SB.I3	TV.SB.J6	17,57	101,7	6,69	24,26	72,09	0,16	0,2	0,15	240	1,20	0,05	0,0005	0,25	0,305	OK
TH.LG.A6	TV.SB.J6	DECK.3-DECK.4	24,26	11,5	0,76	25,01	70,63	0,19	0,2	0,15	240	1,20	0,05	0,0005	0,25	0,305	OK

Tabel 21. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Jaringan Pipa Horizontal *Line 5* di Lantai LG

Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		to	L pipa	tf	tc	I	Q hidrologi	D pipa	d, tinggi air dalam pipa	Ø	A	R	s rencana saluran	V	Q hidrolika	STATUS
	dari	ke	menit	m	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m		m ²	m		m/s	m ³ /s	
TH.LG.A7	TV.SB.N10	TV.SB.M12	6,23	47,6	3,79	10,02	129,94	0,06	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A8	TV.SB.M12	TV.SB.M10	10,02	34,3	2,73	12,76	110,66	0,07	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A9	TV.SB.M10	TV.SB.M7	12,76	35,6	2,84	15,59	96,80	0,08	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A10	TV.SB.M7	TV.SB.M6	15,59	15,1	1,20	16,79	92,12	0,09	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A11	TV.SB.M6	TV.SB.L6	16,79	29,42	2,34	19,14	84,44	0,09	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A12	TV.SB.L6	TV.SB.L5	19,14	13,5	1,08	20,21	81,42	0,10	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK
TH.LG.A13	TV.SB.L5	DECK.2-DECK.3	20,21	7,7	0,61	20,83	79,81	0,13	0,15	0,1125	240	0,68	0,04	0,0005	0,21	0,142	OK

Tabel 22. Perhitungan Elevasi Jaringan Pipa Horizontal *Line 1* di Lantai LG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		L pipa	D pipa	d, tinggi air	s rencana	Elv. Top Pipa	Elv. M.A Hulu	Elv. M.A Hilir
	dari	ke	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)
TH.LG.B1	TV.SB.B5	TV.SB.B6	16,4	0,1	0,075	0,0005	4	3,975	3,967
TH.LG.B2	TV.SB.B6	TV.SB.D5	32	0,15	0,1125	0,0005	4	3,967	3,951
TH.LG.B3	TV.SB.D5	TV.SB.D6	13,25	0,15	0,1125	0,0005	4	3,951	3,944
TH.LG.B4	TV.SB.D6	TV.SB.G2	32	0,16	0,12	0,0005	4	3,944	3,928
TH.LG.B5	TV.SB.G2	TV.SB.G3	15,63	0,18	0,135	0,0005	4	3,928	3,920
TH.LG.B6	TV.SB.G3	TV.SB.H2	42,3	0,18	0,135	0,0005	4	3,920	3,899
TH.LG.B7	TV.SB.H2	TV.SB.H5	63,7	0,18	0,135	0,0005	4	3,899	3,867
TH.LG.B8	TV.SB.H5	kolam	7,7	0,18	0,135	0,0005	4	3,867	3,864

Keterangan :

Kolom 1: nama talang

Kolom 2 dan 3: nama talang vertikal yang dihubungkan

Kolom 4: panjang saluran

Kolom 5: diameter pipa

Kolom 6: tinggi air rencana dalam pipa

Kolom 7: kemiringan rencana pipa

Kolom 8: selevel dengan elevasi lantai LG

Kolom 9: Kolom 8 – $(0,25 \times \text{Kolom 5})$ Kolom 10: Kolom 9 – $(\text{Kolom 4} \times \text{Kolom 7})$ **Tabel 23.** Perhitungan Elevasi Jaringan Pipa Horizontal *Line 2* di Lantai LG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		L pipa	D pipa	d, tinggi air	s rencana	Elv. Top Pipa	Elv. M.A Hulu	Elv. M.A Hilir
	dari	ke	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)
TH.LG.B9	TV.SB.B3	TV.SB.A6	31,93	0,1	0,075	0,0005	4	3,975	3,959
TH.LG.B10	TV.SB.A6	TV.SB.A4	27	0,15	0,1125	0,0005	4	3,959	3,946
TH.LG.B11	TV.SB.A4	TV.SB.A1	37	0,15	0,1125	0,0005	4	3,946	3,927
TH.LG.B12	TV.SB.A1	TV.SB.A12	13,5	0,15	0,1125	0,0005	4	3,927	3,920
TH.LG.B13	TV.SB.A12	TV.SB.C1	28,8	0,15	0,1125	0,0005	4	3,920	3,906
TH.LG.B14	TV.SB.C1	kolam	7,7	0,15	0,1125	0,0005	4	3,906	3,902

Tabel 24. Perhitungan Elevasi Jaringan Pipa Horizontal *Line 3* di Lantai LG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		L pipa	D pipa	d, tinggi air	s rencana	Elv. Top Pipa	Elv. M.A Hulu	Elv. M.A Hilir
	dari	ke	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)
TH.LG.B15	TV.SB.C10	TV.SB.E1	33,3	0,1	0,075	0,0005	4	3,975	3,958
TH.LG.B16	TV.SB.E1	TV.SB.E12	13,5	0,1	0,075	0,0005	4	3,958	3,952
TH.LG.B17	TV.SB.E12	TV.SB.G1	32,65	0,15	0,1125	0,0005	4	3,952	3,935
TH.LG.B18	TV.SB.G1	kolam	7,7	0,15	0,1125	0,0005	4	3,935	3,931

Tabel 25. Perhitungan Elevasi Jaringan Pipa Horizontal *Line 4* di Lantai LG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		L pipa	D pipa	d, tinggi air	s rencana	Elv. Top Pipa	Elv. M.A Hulu	Elv. M.A Hilir
	dari	ke	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)
TH.LG.A1	TV.SB.N3	TV.SB.K1	48,7	0,15	0,1125	0,0005	4	3,963	3,938
TH.LG.A2	TV.SB.K1	TV.SB.K3	26	0,15	0,1125	0,0005	4	3,938	3,925
TH.LG.A3	TV.SB.K3	TV.SB.I1	31,75	0,15	0,1125	0,0005	4	3,925	3,909
TH.LG.A4	TV.SB.I1	TV.SB.I3	42,44	0,2	0,15	0,0005	4	3,909	3,888
TH.LG.A5	TV.SB.I3	TV.SB.J6	101,7	0,2	0,15	0,0005	4	3,888	3,837
TH.LG.A6	TV.SB.J6	kolam	11,5	0,2	0,15	0,0005	4	3,837	3,831

Keterangan :

Kolom 1: nama talang

Kolom 2 dan 3: nama talang vertikal yang dihubungkan

Kolom 4: panjang saluran

Kolom 5: diameter pipa

Kolom 6: tinggi air rencana dalam pipa

Kolom 7: kemiringan rencana pipa

Kolom 8: selevel dengan elevasi lantai LG

Kolom 9: Kolom 8 – $(0,25 \times \text{Kolom 5})$

Kolom 10: Kolom 9 – $(\text{Kolom 4} \times \text{Kolom 7})$

Tabel 26. Perhitungan Elevasi Jaringan Pipa Horizontal *Line 5* di Lantai LG

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Talang Horizontal	Menghubungkan Talang Vertikal		L pipa	D pipa	d, tinggi air	s rencana	Elv. Top Pipa	Elv. M.A Hulu	Elv. M.A Hilir
	dari	ke	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)
TH.LG.A7	TV.SB.N10	TV.SB.M12	47,6	0,15	0,1125	0,0005	4	3,963	3,939
TH.LG.A8	TV.SB.M12	TV.SB.M10	34,3	0,15	0,1125	0,0005	4	3,939	3,922
TH.LG.A9	TV.SB.M10	TV.SB.M7	35,6	0,15	0,1125	0,0005	4	3,922	3,904
TH.LG.A10	TV.SB.M7	TV.SB.M6	15,1	0,15	0,1125	0,0005	4	3,904	3,896
TH.LG.A11	TV.SB.M6	TV.SB.L6	29,42	0,15	0,1125	0,0005	4	3,896	3,881
TH.LG.A12	TV.SB.L6	TV.SB.L5	13,5	0,15	0,1125	0,0005	4	3,881	3,875
TH.LG.A13	TV.SB.L5	kolam	7,7	0,15	0,1125	0,0005	4	3,875	3,871

Tabel 27. Perhitungan Q Hidrologi dan Q Hidrolika Saluran Inlet Kolam Tampung

Saluran		Total C.A.	C gab.	L sal.	t0 Atap	t0 Jalan	tf	tc	I	Q hidrologi	b	h	A	P	R	s rencana	V	Q Hidrolika
dari	ke	m ²		m	menit	menit	menit	menit	mm/jam	m ³ /s	m	m	m ²	m	m	saluran	m/s	m ³ /s
DECK.1	DECK.2	1030,25	0,8	62,9	0,00	2,96	2,65	5,62	191,18	0,04	0,5	0,45	0,125	1	0,13	0,001	0,395	0,05
DECK.2	DECK.3	8274,705	0,8	62	20,83	2,67	2,08	22,90	74,91	0,14	0,5	0,8	0,3	1,7	0,18	0,001	0,497	0,15
DECK.3	DECK.4	12900,91	0,8	66,4	25,01	2,52	2,14	27,15	66,88	0,19	0,5	0,95	0,375	2	0,19	0,001	0,518	0,19
DECK.4	DECK.5	620,8	0,8	65,15	0	2,52	2,97	5,49	194,13	0,03	0,5	0,4	0,1	0,9	0,11	0,001	0,365	0,04
DECK.5	DECK.6	865	0,8	16	0	5,53	0,73	6,26	177,91	0,03	0,5	0,4	0,1	0,9	0,11	0,001	0,365	0,04
DECK.6	DECK.7	6649,054	0,8	70,5	19,76	4,57	2,40	22,17	76,56	0,11	0,5	0,75	0,275	1,6	0,17	0,001	0,489	0,13
DECK.7	DECK.8	4303,65	0,8	63,33	12,71	2,85	2,20	14,92	99,70	0,10	0,5	0,7	0,25	1,5	0,17	0,001	0,479	0,12
DECK.8	DECK.9	9556,953	0,8	87,5	22,24	3,56	2,89	25,12	70,42	0,15	0,5	0,85	0,325	1,8	0,18	0,001	0,505	0,16
DECK.9	DECK.10	544,45	0,8	33,43	0	2,85	1,52	4,37	226,01	0,03	0,5	0,4	0,1	0,9	0,11	0,001	0,365	0,04

Tabel 28. Perhitungan Elevasi Saluran Inlet Kolam Tampung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Saluran		L saluran	h	s rencana	Elevasi Deck/Top Saluran	Elevasi M.A Hulu	Elevasi M.A Hilir	Elevasi Dasar Hilir	Elevasi M.A Hilir Pipa	Elevasi M.A Kolam	M.A Hilir Pipa > M.A Hulu Sal.	M.A Hilir Sal. > M.A Kolam
dari	ke	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
DECK.1	DECK.2	62,9	0,45	0,001	4	3,8	3,737	3,487	0	3,7	-	OK
DECK.2	DECK.3	62	0,8	0,001	4	3,8	3,738	3,138	3,871	3,7	OK	OK
DECK.3	DECK.4	66,4	0,95	0,001	4	3,8	3,734	2,984	3,831	3,7	OK	OK
DECK.4	DECK.5	65,15	0,4	0,001	4	3,8	3,735	3,535	0	3,7	-	OK
DECK.5	DECK.6	16	0,4	0,001	4	3,8	3,784	3,584	0	3,7	-	OK
DECK.6	DECK.7	70,5	0,75	0,001	4	3,8	3,730	3,180	3,902	3,7	OK	OK
DECK.7	DECK.8	63,33	0,7	0,001	4	3,8	3,737	3,237	3,931	3,7	OK	OK
DECK.8	DECK.9	87,5	0,85	0,001	4	3,8	3,713	3,063	3,864	3,7	OK	OK
DECK.9	DECK.10	33,43	0,4	0,001	4	3,8	3,767	3,567	0	3,7	-	OK

Keterangan :

Kolom 1 dan 2: nama saluran dari titik ke titik

Kolom 3: panjang saluran

Kolom 4: tinggi saluran

Kolom 5: kemiringan rencana saluran

Kolom 6: sesuai gambar layout

Kolom 7: Kolom 6 – 0,2

Kolom 8: Kolom 7 – (Kolom 3 × Kolom 5)

Kolom 9: Kolom 8 – Kolom 4

Kolom 10: Dari Tabel 22,23,24,25,26

Kolom 12: Cek untuk memastikan debit dapat mengalir secara gravitasi

Tabel 29. Perhitungan Q Hidrologi Saluran pada Sistem Drainase Jalan

Saluran		CA. Atap	CA. Taman	CA. Jalan	C Atap	C Taman	C Jalan	Total C.A.	C gab.	L sal.	t0 Atap	t0 Taman	t0 Jalan	tf	tc	I	Q hidrologi
dari	ke	m ²	m ²	m ²				m ²		m	menit	menit	menit	menit	menit	mm/jam	m ³ /s
SB.A1	SB.A2	0	0	246	0,8	0,15	0,8	246	0,80	30	0	0	1,007	1,76	2,76	306,829	0,017
SB.A2	SB.A4	0	0	438	0,8	0,15	0,8	438	0,80	103,3	0	0	1,278	7,14	9,91	130,968	0,013
SB.A3	SB.A4	197	63,7	628,6	0,8	0,15	0,8	889,3	0,75	79,13	2,285	5,921	1,007	4,45	10,37	127,010	0,024
SB.A4	SB.A5	197	63,7	1066,6	0,8	0,15	0,8	1327,3	0,77	24	0	0	1,007	1,35	11,72	117,059	0,033
SB.A5	SB.A6	197	63,7	1975,84	0,8	0,15	0,8	2236,54	0,78	86	0	0	1,278	4,15	15,88	95,628	0,046
SB.A7	SB.A6	0	0	2701,08	0,8	0,15	0,8	2701,08	0,80	133	0	0	0,834	5,69	6,52	173,094	0,104
SB.A6	SB.B1	197	143,7	4981,32	0,8	0,15	0,8	5322,02	0,78	24,7	0	8,954	1,007	1,06	16,93	91,610	0,106
SB.B2	SB.B1	0	55	631,1	0,8	0,15	0,8	686,1	0,75	64,4	0	7,410	1,228	4,46	11,87	116,125	0,017
SB.B1	SB.B13	197	198,7	6454,42	0,8	0,15	0,8	6850,12	0,78	175	0	0	0,834	7,48	24,42	71,780	0,107
SB.B11	SB.B12	0	90	204,571	0,8	0,15	0,8	294,5714	0,60	30,2	0	8,542	0,946	2,32	10,86	123,206	0,006
SB.BC	SB.B12	0	42	487,3	0,8	0,15	0,8	529,3	0,75	37,5	0	0	1,290	0,25	1,54	452,987	0,050
SB.B12	SB.B13	0	232,5	1016,87	0,8	0,15	0,8	1249,371	0,68	45,8	0	7,945	1,432	2,58	13,43	106,898	0,025
SB.B13	SB.B10	197	431,2	7471,29	0,8	0,15	0,8	8099,491	0,77	68,2	0	0	0	2,92	27,33	66,579	0,115
SB.A1	SB.A11	0	0	448	0,8	0,15	0,8	448	0,80	54,77	0	0	1,007	3,08	4,09	236,255	0,024
SB.A11	SB.A9	0	0	652,8	0,8	0,15	0,8	652,8	0,80	72	0	0	1,351	4,05	8,14	149,290	0,022
SB.A10	SB.A9	145	51	360,63	0,8	0,15	0,8	556,63	0,74	45,8	2,285	5,996	1,007	2,58	8,57	144,219	0,017
SB.A9	SB.A8	145	51	1194,43	0,8	0,15	0,8	1390,43	0,78	31	0	0	0	1,61	10,18	128,590	0,039
SB.A7	SB.A8	0	51	785,15	0,8	0,15	0,8	836,15	0,76	134	0	0	1,275	7,54	8,82	141,570	0,025
SB.A8	SB.C7	145	172	2334,58	0,8	0,15	0,8	2651,58	0,76	35,5	0	7,836	1,277	1,52	11,70	117,215	0,065
SB.C7	SB.C6	145	172	2693,88	0,8	0,15	0,8	3010,88	0,76	35,25	0	0	1,007	1,51	13,21	108,119	0,069
SB.C6	SB.C4	145	172	2870,38	0,8	0,15	0,8	3187,38	0,76	80	0	0	1,233	3,42	16,63	92,732	0,063
SB.C5	SB.C4	170	40	442,4	0,8	0,15	0,8	652,4	0,76	50	2,285	3,16	1,047	2,81	5,97	183,544	0,025
SB.C4	SB.C3	315	212	3312,78	0,8	0,15	0,8	3839,78	0,76	20	0	0	0	0,86	17,48	89,683	0,073
SB.C7	SB.C1	0	70	490	0,8	0,15	0,8	560	0,72	86,2	0	7,468	1,275	4,85	12,32	113,263	0,013
SB.C1	SB.C2	0	170,5	815	0,8	0,15	0,8	985,5	0,69	45,8	0	7,945	1,432	2,58	14,90	99,790	0,019
SB.BC	SB.C2	0	42	487,3	0,8	0,15	0,8	529,3	0,75	37,5	0	0	1,290	0,25	1,54	452,987	0,050
SB.C2	SB.C3	0	273,5	1433,3	0,8	0,15	0,8	1706,8	0,70	19,2	0	8,542	0,946	1,00	15,89	95,572	0,032
SB.C3	SB.B10	315	589,5	4958,08	0,8	0,15	0,8	5862,58	0,73	51,4	0	8,542	0,946	2,20	19,68	82,876	0,099
SB.B3	SB.B4	408,1	22	212,34	0,8	0,15	0,8	642,4144	0,78	57,8	2,285	4,471	1,007	3,25	7,72	154,618	0,021
SB.B4	SB.B5	408,1	22	212,34	0,8	0,15	0,8	642,4144	0,78	24	0	0	0	1,35	9,07	138,868	0,019
SB.B5	SB.B6	408,1	35	450,24	0,8	0,15	0,8	893,3144	0,77	34,25	0	3,453	1,278	1,93	11,00	122,135	0,023
SB.B6	SB.B8	408,1	35	552,24	0,8	0,15	0,8	995,3144	0,78	104	0	0	1,355	5,85	16,85	91,912	0,020
SB.B7	SB.B8	208,5	80	536	0,8	0,15	0,8	824,5	0,74	75,47	2,285	5,936	1,128	5,22	22,07	76,775	0,013
SB.B8	SB.B9	616,6	115	1088,24	0,8	0,15	0,8	1819,814	0,76	26,14	0	0	0	1,47	23,54	73,543	0,028
SB.B9	SB.B10	616,6	115	1249,69	0,8	0,15	0,8	1981,264	0,76	15	0	0	1,355	0,84	24,39	71,836	0,030
SB.B10	outlet	1128,6	1135,7	13679,1	0,8	0,15	0,8	15943,34	0,75	7,86	0	0	0	0,26	27,59	66,165	0,221

Tabel 30. Perhitungan Q Hidrolika Saluran pada Sistem Drainase Jalan

Saluran		b	h	A	P	R	s rencana	V	Q Hidrolika
dari	ke	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	saluran	(m/s)	(m ³ /s)
SB.A1	SB.A2	0,3	0,4	0,09	0,7	0,13	0,0005	0,285	0,026
SB.A2	SB.A4	0,4	0,4	0,08	0,8	0,10	0,0005	0,241	0,019
SB.A3	SB.A4	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.A4	SB.A5	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.A5	SB.A6	0,6	0,6	0,24	1,4	0,17	0,0005	0,345	0,083
SB.A7	SB.A6	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.A6	SB.B1	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.B2	SB.B1	0,4	0,4	0,08	0,8	0,10	0,0005	0,241	0,019
SB.B1	SB.B13	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.B11	SB.B12	0,3	0,4	0,06	0,7	0,09	0,0005	0,217	0,013
SB.BC	SB.B12	0,3	0,3	0,03	0,5	0,06	0,1066667	2,503	0,075
SB.B12	SB.B13	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.B13	SB.B10	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.A1	SB.A11	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.A11	SB.A9	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.A10	SB.A9	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.A9	SB.A8	0,5	0,6	0,2	1,3	0,15	0,0005	0,321	0,064
SB.A7	SB.A8	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.A8	SB.C7	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.C7	SB.C6	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.C6	SB.C4	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.C5	SB.C4	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.C4	SB.C3	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.C7	SB.C1	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.C1	SB.C2	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.BC	SB.C2	0,3	0,3	0,03	0,5	0,06	0,1066667	2,503	0,075
SB.C2	SB.C3	0,5	0,6	0,2	1,3	0,15	0,0005	0,321	0,064
SB.C3	SB.B10	0,7	0,7	0,35	1,7	0,21	0,0005	0,390	0,136
SB.B3	SB.B4	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.B4	SB.B5	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.B5	SB.B6	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.B6	SB.B8	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.B7	SB.B8	0,4	0,4	0,08	0,8	0,10	0,0005	0,241	0,019
SB.B8	SB.B9	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.B9	SB.B10	0,5	0,5	0,15	1,1	0,14	0,0005	0,296	0,044
SB.B10	outlet	1	1	0,8	2,6	0,31	0,0005	0,510	0,408

Tabel 31. Perhitungan Elevasi Saluran pada Sistem Drainase Jalan

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Saluran		L saluran	h	s rencana	elv. Muka tanah	elv. Top Cover	tebal cover	elv. Top saluran	elv. M.A hulu	elv. M.A hilir
dari	ke	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
SB.A1	SB.A2	30	0,4	0,0005	0	-0,040	0,060	-0,100	-0,200	-0,215
SB.A2	SB.A4	103,25	0,4	0,0005	0	-0,055	0,060	-0,115	-0,215	-0,267
SB.A3	SB.A4	79,13	0,5	0,0005	4	4	0,08	3,92	3,72	3,680
SB.A4	SB.A5	24	0,5	0,0005	0	0,013	0,080	-0,067	-0,267	-0,279
SB.A5	SB.A6	86	0,6	0,0005	0	0,021	0,100	-0,079	-0,279	-0,322
SB.A7	SB.A6	133	0,7	0,0005	0	0,044	0,100	-0,056	-0,256	-0,322
SB.A6	SB.B1	24,7	0,7	0,0005	0	-0,022	0,100	-0,122	-0,322	-0,334
SB.B2	SB.B1	64,4	0,4	0,0005	0	-0,042	0,060	-0,102	-0,302	-0,334
SB.B1	SB.B13	175	0,7	0,0005	0	-0,034	0,100	-0,134	-0,334	-0,422
SB.B11	SB.B12	30,2	0,4	0,0005	0	-0,124	0,060	-0,184	-0,384	-0,399
SB.BC	SB.B12	37,5	0,3	0,10667	4	4	0,06	3,94	3,74	-0,26
SB.B12	SB.B13	45,8	0,5	0,0005	0	-0,119	0,080	-0,199	-0,399	-0,422
SB.B13	SB.B10	68,2	0,7	0,0005	0	-0,122	0,100	-0,222	-0,422	-0,456
SB.A1	SB.A11	54,77	0,5	0,0005	0	0,014	0,080	-0,066	-0,266	-0,293
SB.A11	SB.A9	72	0,5	0,0005	0	-0,013	0,080	-0,093	-0,293	-0,329
SB.A10	SB.A9	45,8	0,5	0,0005	4	4	0,08	3,92	3,72	3,697
SB.A9	SB.A8	31	0,6	0,0005	0	-0,049	0,08	-0,129	-0,329	-0,345
SB.A7	SB.A8	134	0,5	0,0005	0	0,002	0,08	-0,078	-0,278	-0,345
SB.A8	SB.C7	35,5	0,7	0,0005	0	-0,045	0,1	-0,145	-0,345	-0,363
SB.C7	SB.C6	35,25	0,7	0,0005	0	-0,063	0,1	-0,163	-0,363	-0,380
SB.C6	SB.C4	80	0,7	0,0005	0	-0,080	0,1	-0,180	-0,380	-0,420
SB.C5	SB.C4	50	0,5	0,0005	4	4	0,08	3,92	3,72	3,695
SB.C4	SB.C3	20	0,7	0,0005	0	-0,120	0,100	-0,220	-0,420	-0,430
SB.C7	SB.C1	86,2	0,5	0,0005	0	-0,075	0,080	-0,155	-0,355	-0,398
SB.C1	SB.C2	45,8	0,5	0,0005	0	-0,118	0,080	-0,198	-0,398	-0,421
SB.BC	SB.C2	37,5	0,3	0,10667	4	4	0,06	3,94	3,74	-0,26
SB.C2	SB.C3	19,2	0,6	0,0005	0	-0,141	0,08	-0,221	-0,421	-0,430
SB.C3	SB.B10	51,4	0,7	0,0005	0	-0,130	0,1	-0,230	-0,430	-0,456
SB.B3	SB.B4	57,8	0,5	0,0005	4	4	0,08	3,92	3,72	3,691
SB.B4	SB.B5	24	0,5	0,0005	0	-0,074	0,08	-0,154	-0,354	-0,366
SB.B5	SB.B6	34,25	0,5	0,0005	0	-0,086	0,08	-0,166	-0,366	-0,384
SB.B6	SB.B8	103,97	0,5	0,0005	0	-0,104	0,08	-0,184	-0,384	-0,436
SB.B7	SB.B8	75,47	0,4	0,0005	4	4	0,08	3,92	3,72	3,682
SB.B8	SB.B9	26,14	0,5	0,0005	0	-0,156	0,08	-0,236	-0,436	-0,449
SB.B9	SB.B10	15	0,5	0,0005	0	-0,169	0,08	-0,249	-0,449	-0,456
SB.B10	outlet	7,86	1	0,0005	0	-0,156	0,1	-0,256	-0,456	-0,46

Perhitungan elevasi diurutkan dari elevasi M.A. saluran outlet bagian hilir menuju ke elevasi M.A hulu dan hilir saluran-saluran sebelumnya untuk memastikan debit dapat mengalir secara gravitasi.

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

DENAH ROOF-DRAIN
 TOWER APARTEMEN
 BAGIAN SELATAN

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

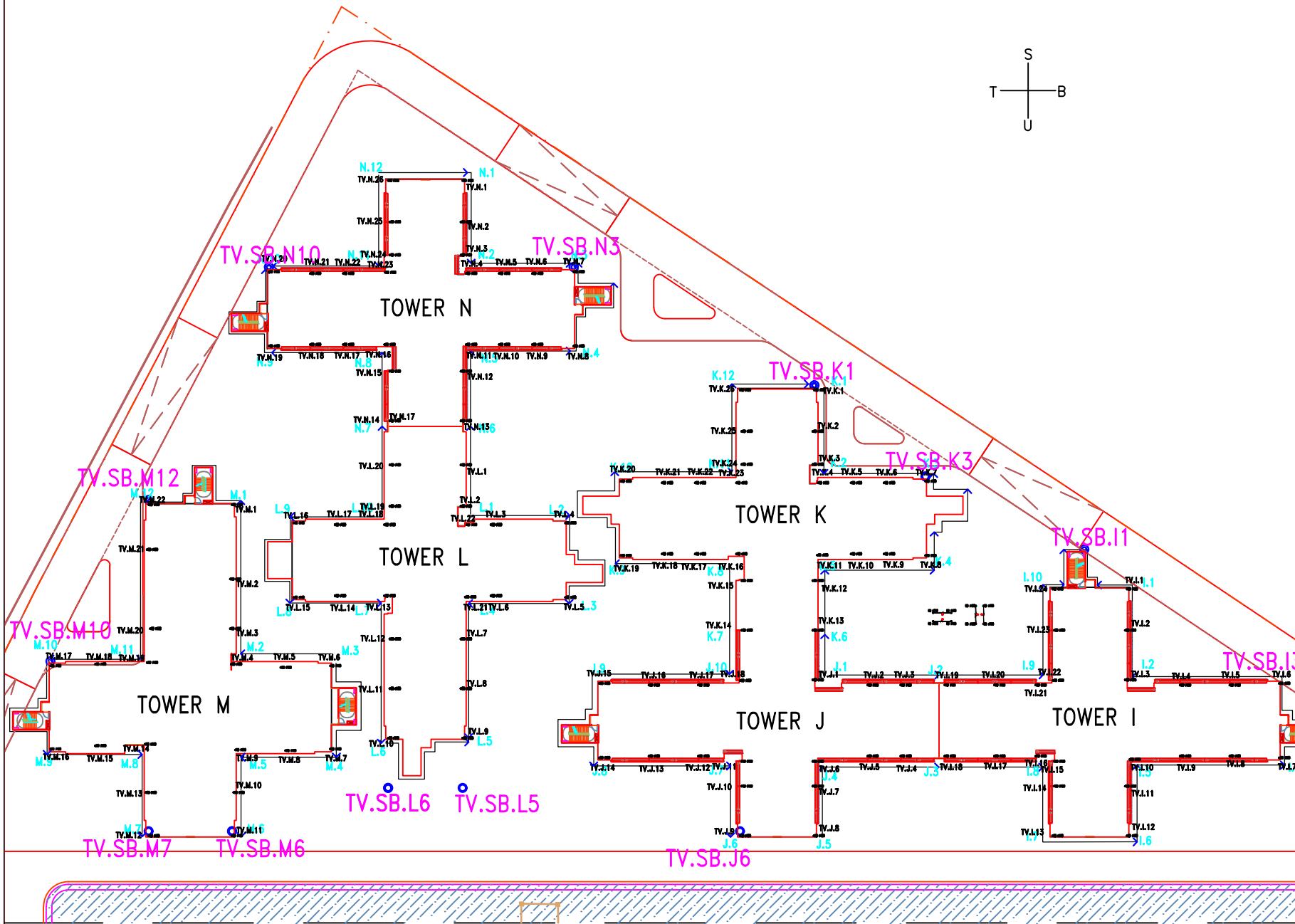
1 13

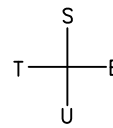
SKALA GAMBAR

1 : 4000

HALAMAN

125





JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
APARTEMEN ROYAL AFATHER
WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

DENAH ROOF-DRAIN
TOWER APARTEMEN
BAGIAN UTARA

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
Dr. Ir. Edijatno

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

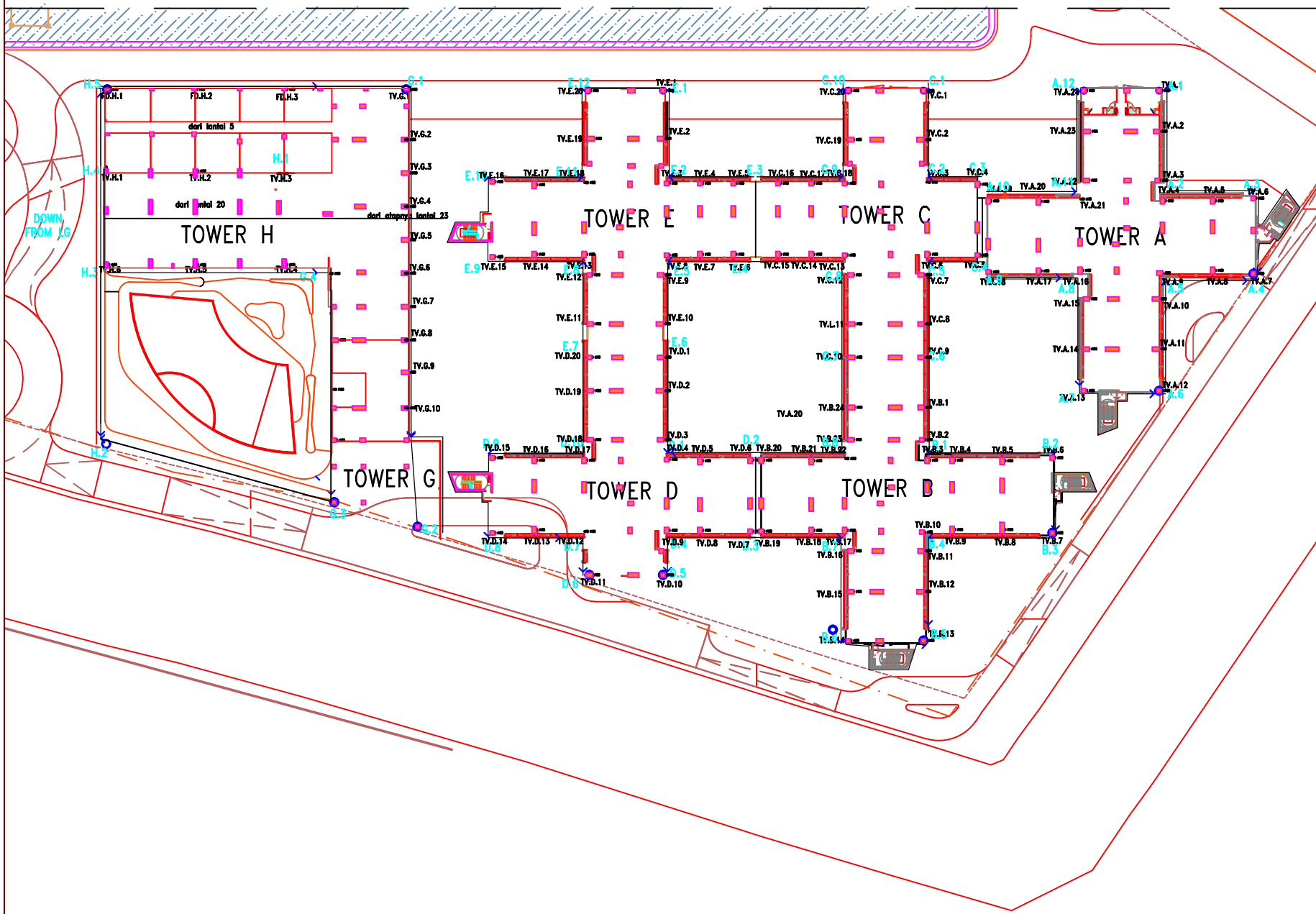
2 13

SKALA GAMBAR

1 : 4000

HALAMAN

126



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

SKEMA SISTEM
 DRAINASE ATAS (1)

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

3 13

SKALA GAMBAR

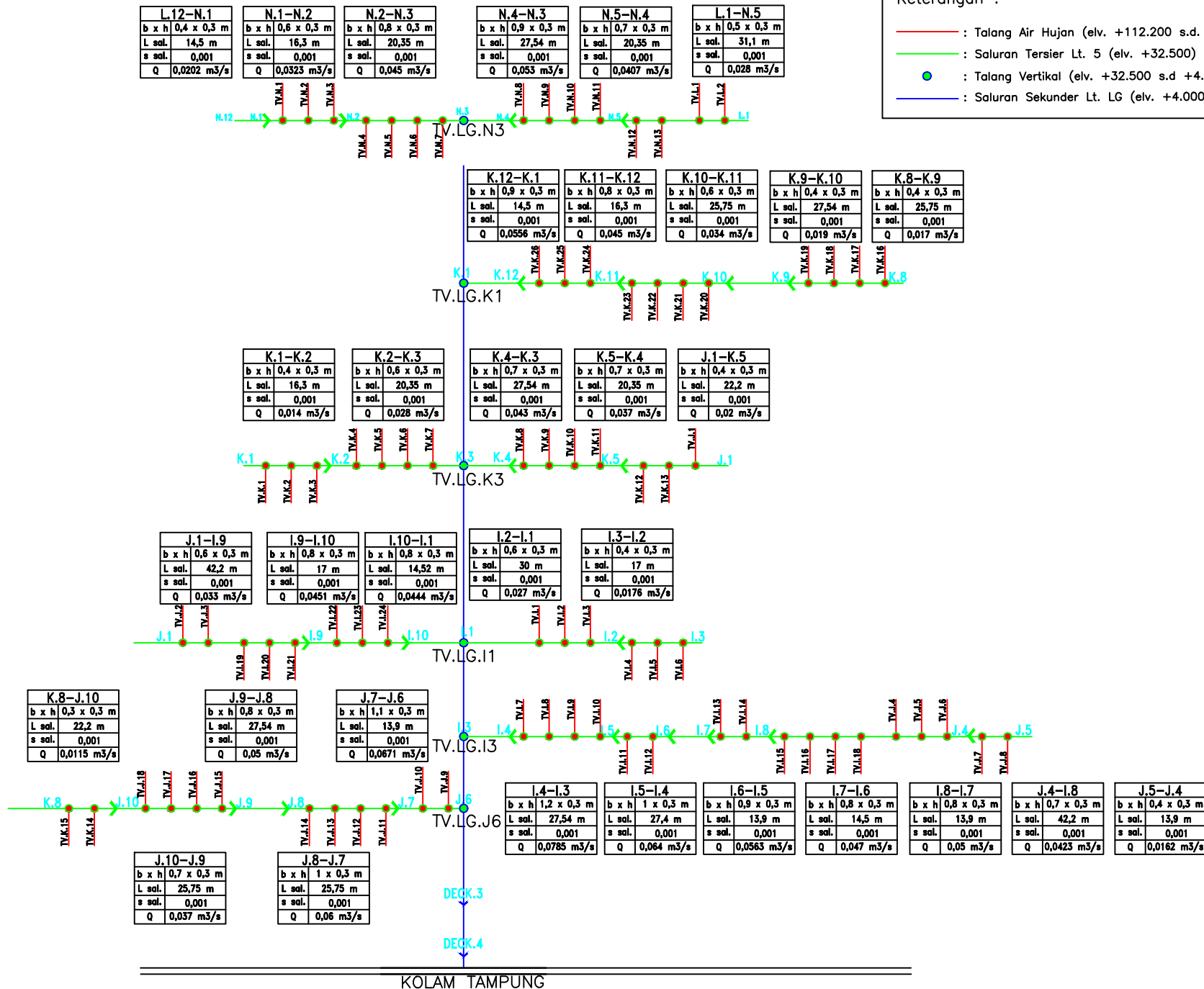


HALAMAN

127

Keterangan :

- : Talang Air Hujan (elv. +112.200 s.d. +32.500)
- : Saluran Tersier Lt. 5 (elv. +32.500)
- : Talang Vertikal (elv. +32.500 s.d. +4.000)
- : Saluran Sekunder Lt. LG (elv. +4.000)



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

SKEMA SISTEM DRAINASE ATAS (2)

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

4

13

SKALA GAMBAR

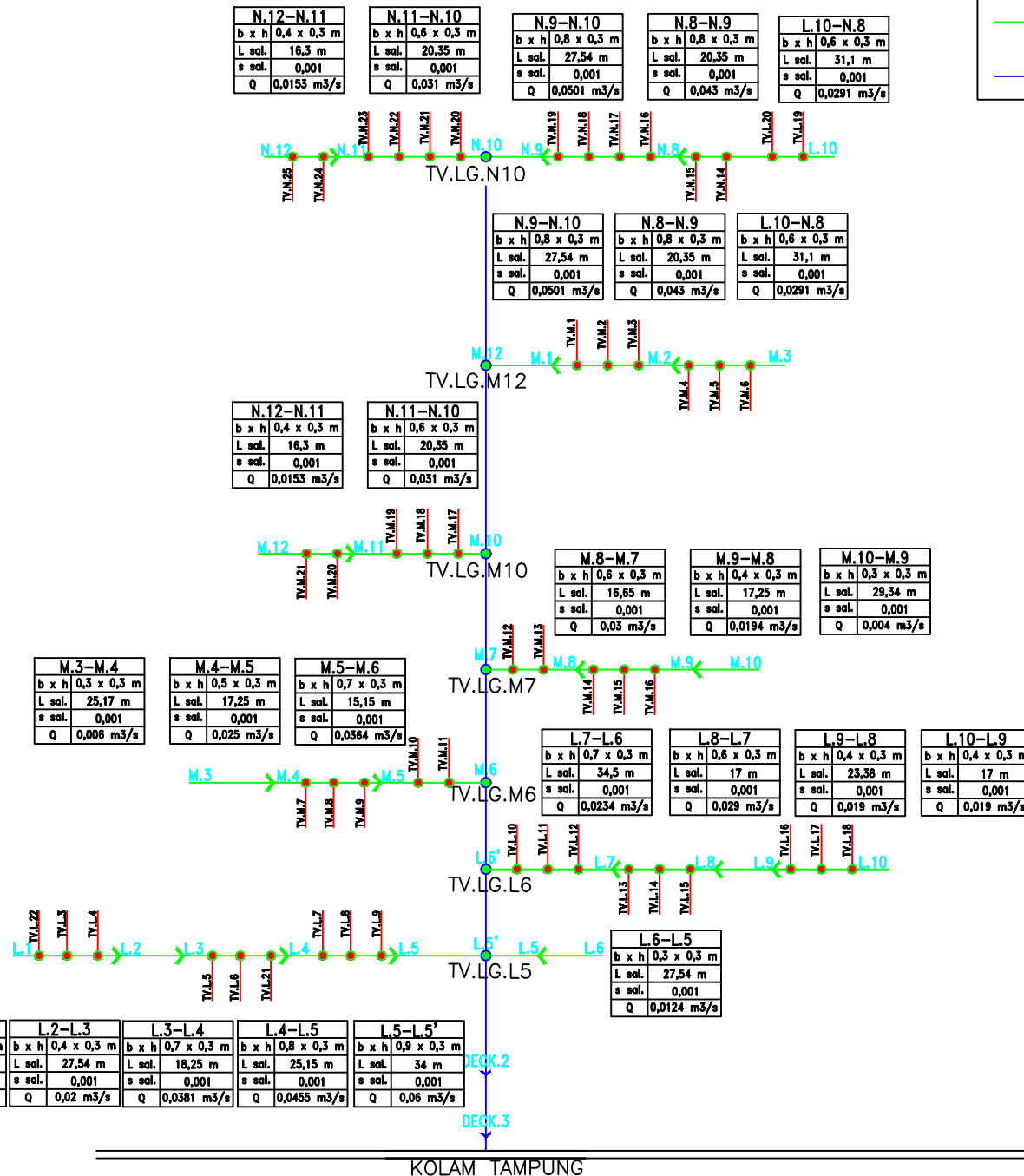


HALAMAN

128

Keterangan :

- Talang Air Hujan (elv. +112.200 s.d. +32.500)
- Saluran Tersier Lt. 5 (elv. +32.500)
- Talang Vertikal (elv. +32.500 s.d +4.000)
- Saluran Sekunder Lt. LG (elv. +4.000)



KOLAM TAMPUNG

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

SKEMA SISTEM DRAINASE ATAS (3)

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

5

13

SKALA GAMBAR

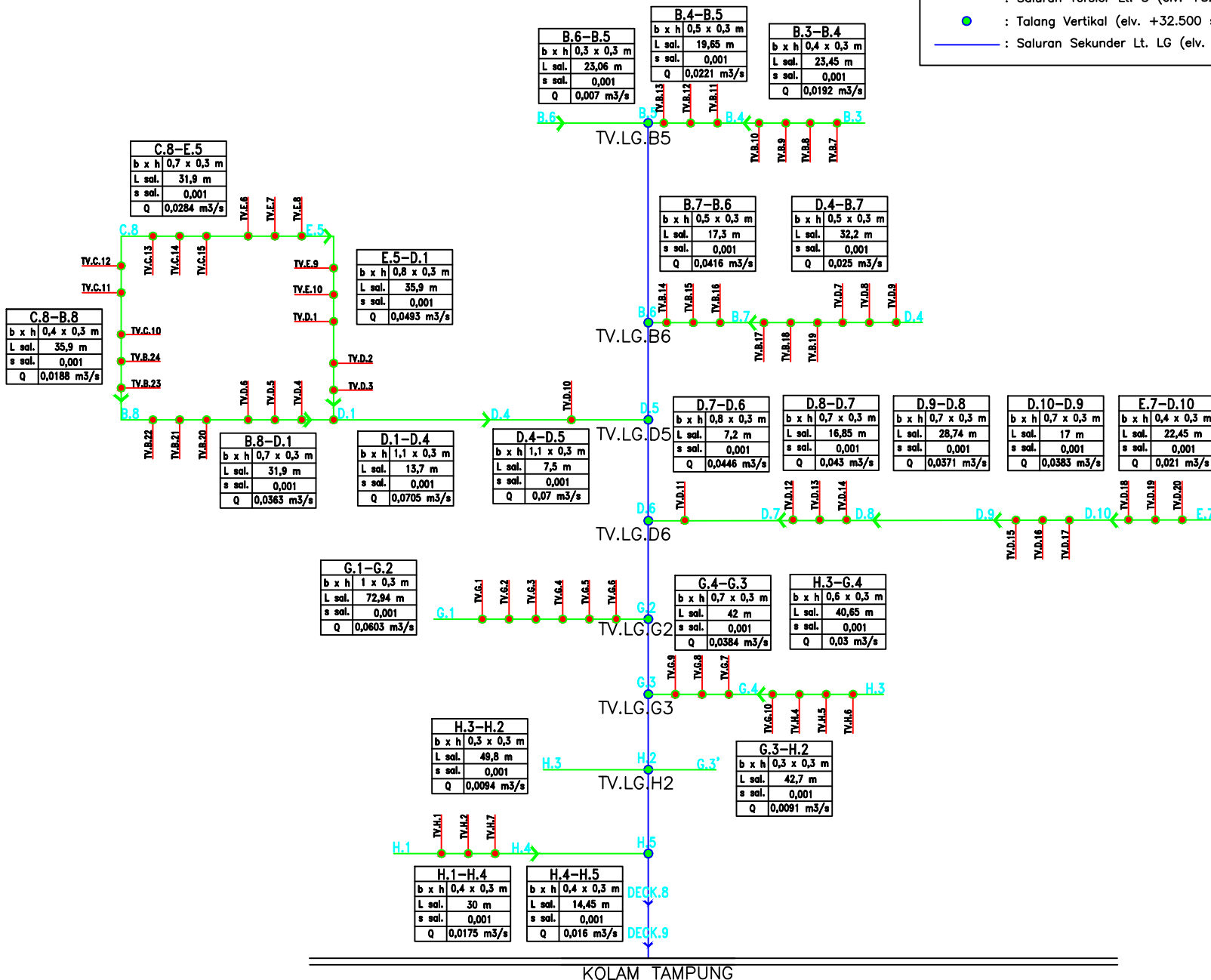


HALAMAN

129

Keterangan :

- : Talang Air Hujan (elv. +112.200 s.d. +32.500)
- : Saluran Tersier Lt. 5 (elv. +32.500)
- : Talang Vertikal (elv. +32.500 s.d. +4.000)
- : Saluran Sekunder Lt. LG (elv. +4.000)



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

SKEMA SISTEM
 DRAINASE ATAS (4)

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

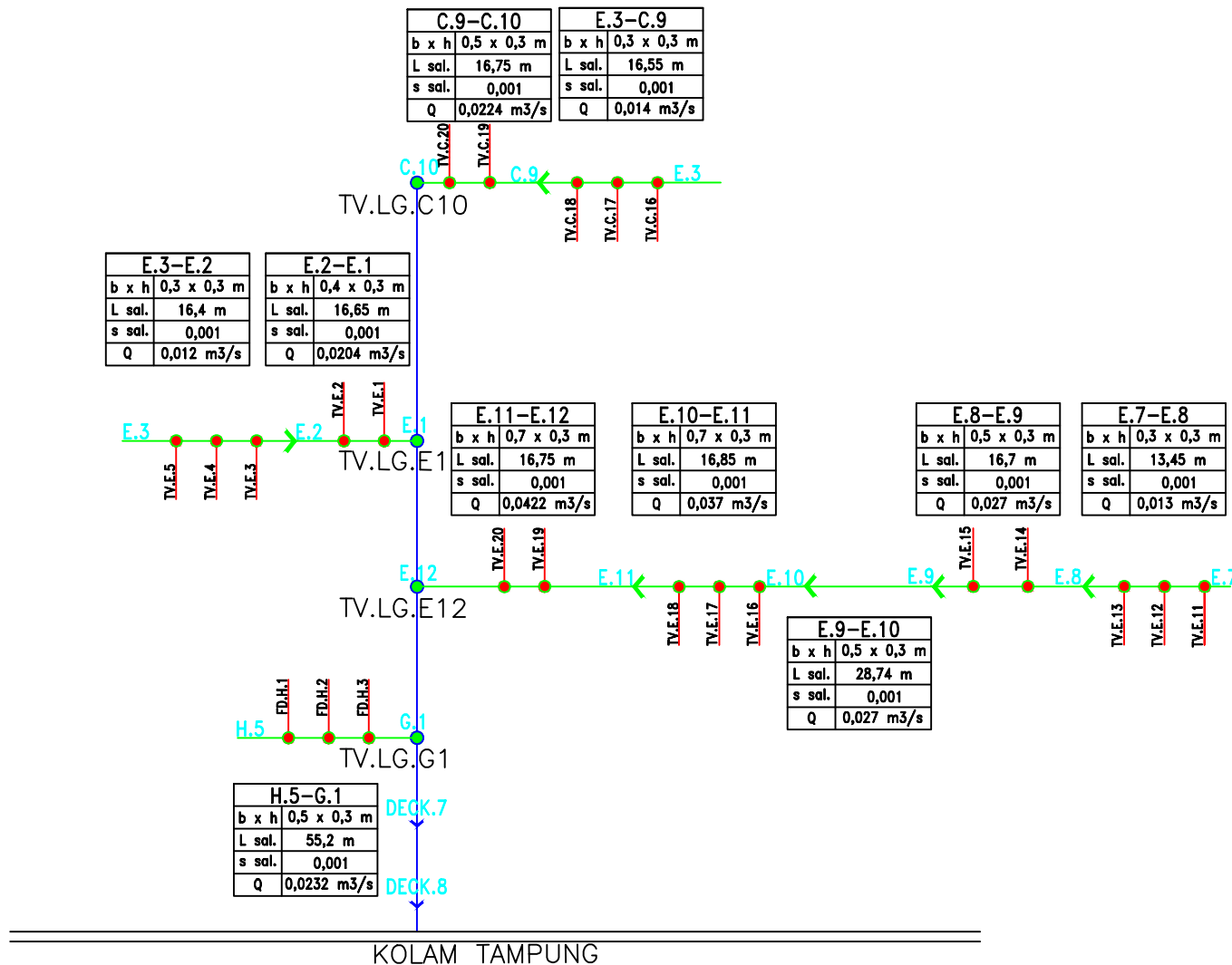
6 13

SKALA GAMBAR



HALAMAN

130



Keterangan :

- : Talang Air Hujan (elv. +112.200 s.d. +32.500)
- : Saluran Tersier Lt. 5 (elv. +32.500)
- : Talang Vertikal (elv. +32.500 s.d. +4.000)
- : Saluran Sekunder Lt. LG (elv. +4.000)

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

SKEMA SISTEM
 DRAINASE ATAS (5)

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

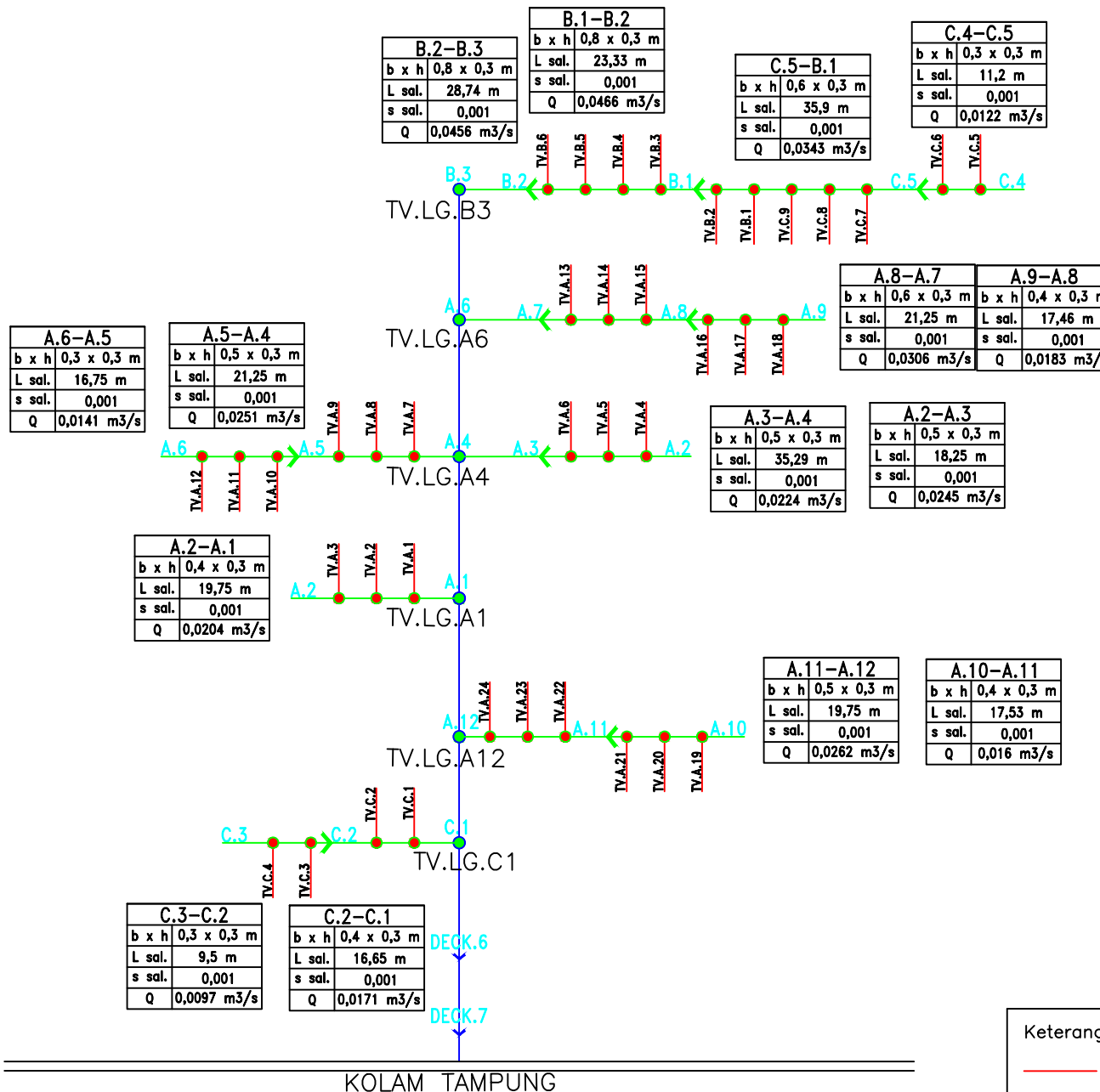
7 13

SKALA GAMBAR



HALAMAN

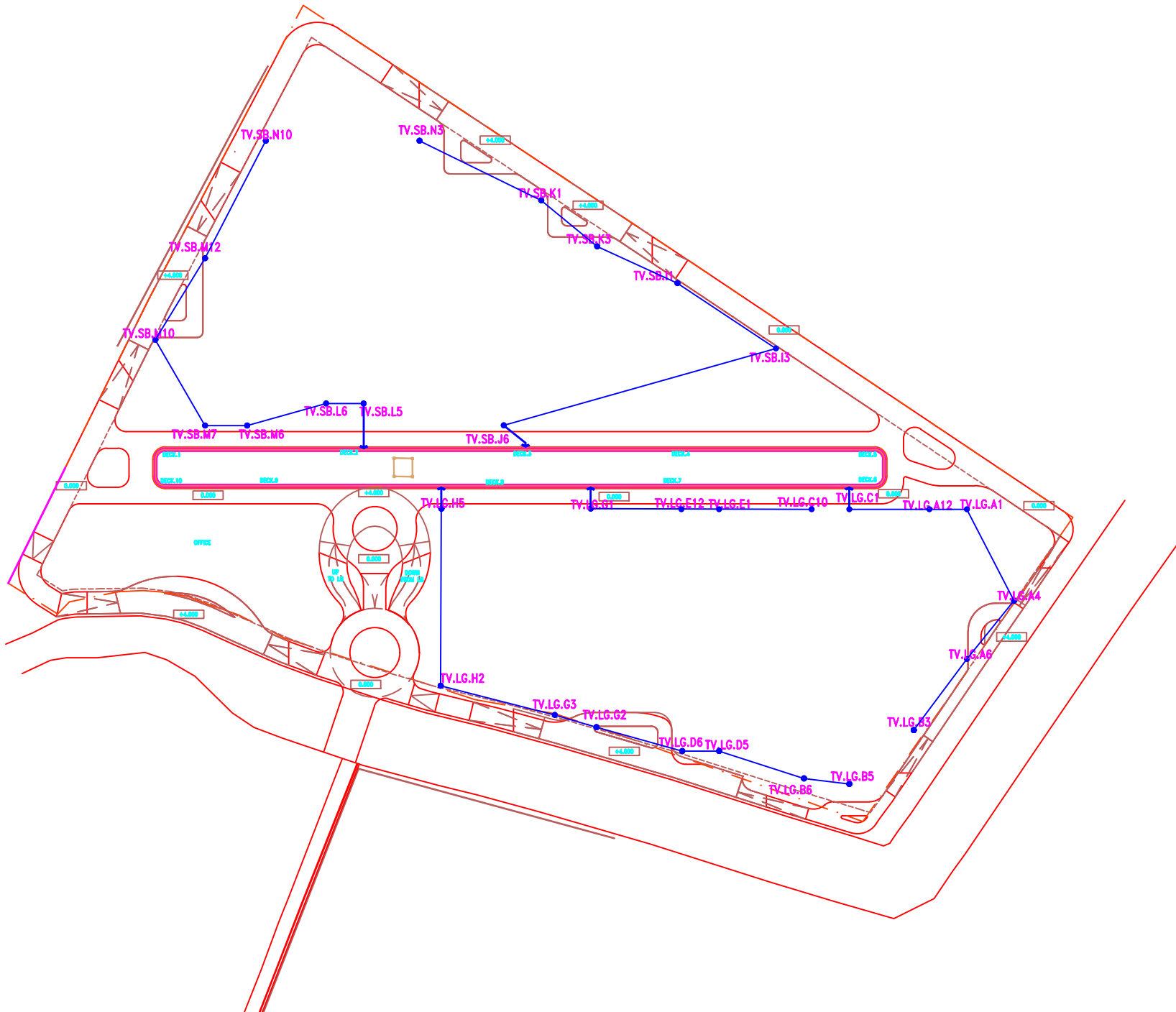
131



Keterangan :

- : Talang Air Hujan (elv. +112.200 s.d. +32.500)
- : Saluran Tersier Lt. 5 (elv. +32.500)
- : Talang Vertikal (elv. +32.500 s.d +4.000)
- : Saluran Sekunder Lt. LG (elv. +4.000)

JURUSAN TEKNIK SIPIL PROGAM STUDI S1 REGULER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL TUGAS AKHIR	
PERENCANAAN SISTEM DRAINASE APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD – WARU, SIDOARJO	
NAMA GAMBAR	
LAYOUT SKEMA SALURAN INLET KOLAM	
NAMA MAHASISWA / NRP	
SAFIRA NUR AFIFAH / 3113100108	
DOSEN PEMBIMBING	
Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc. Dr. Ir. Edijatno	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
8	13
SKALA GAMBAR	
1 : 8000	
HALAMAN	
132	



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

SKEMA SALURAN
 INLET KOLAM

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

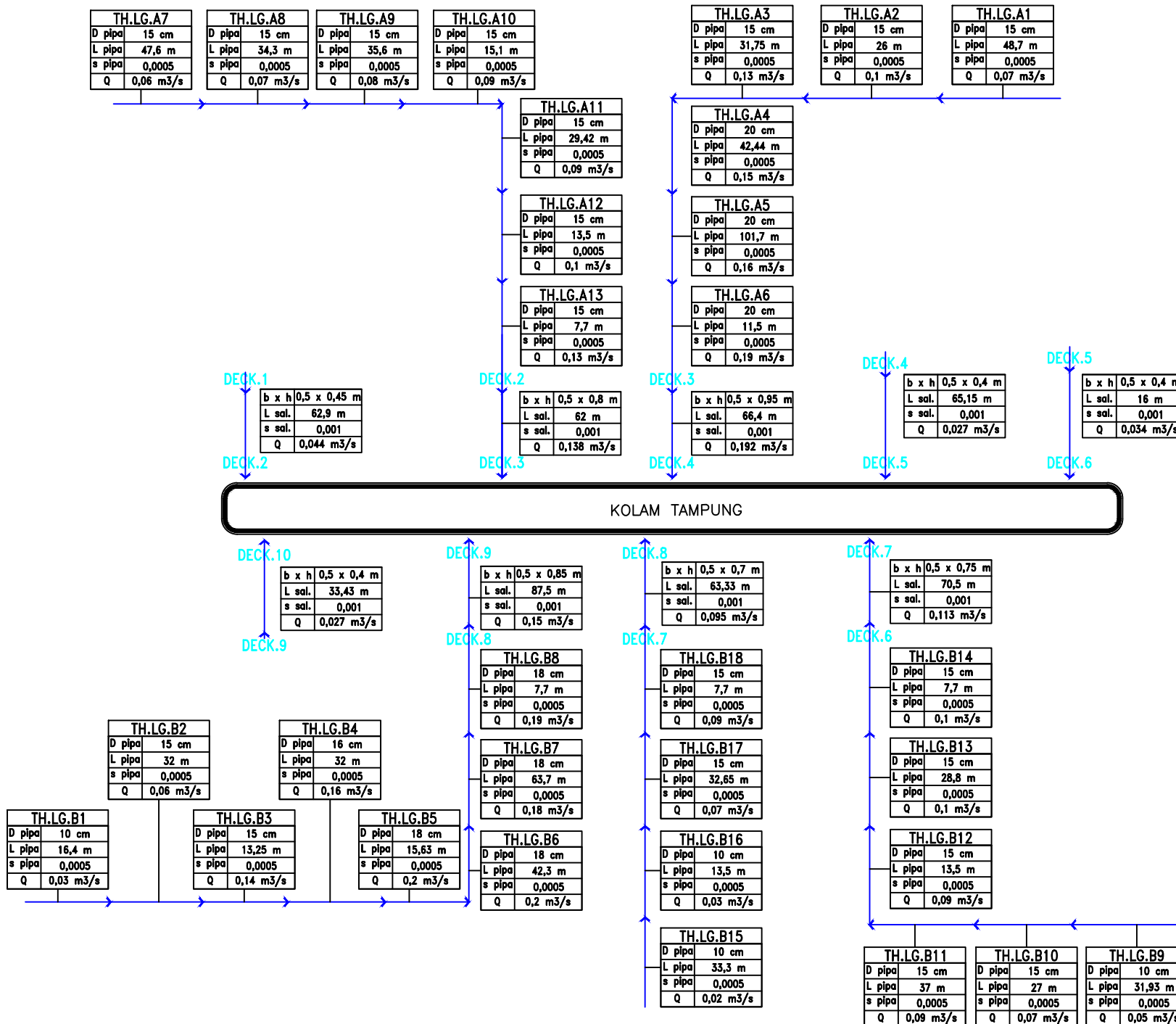
9 13

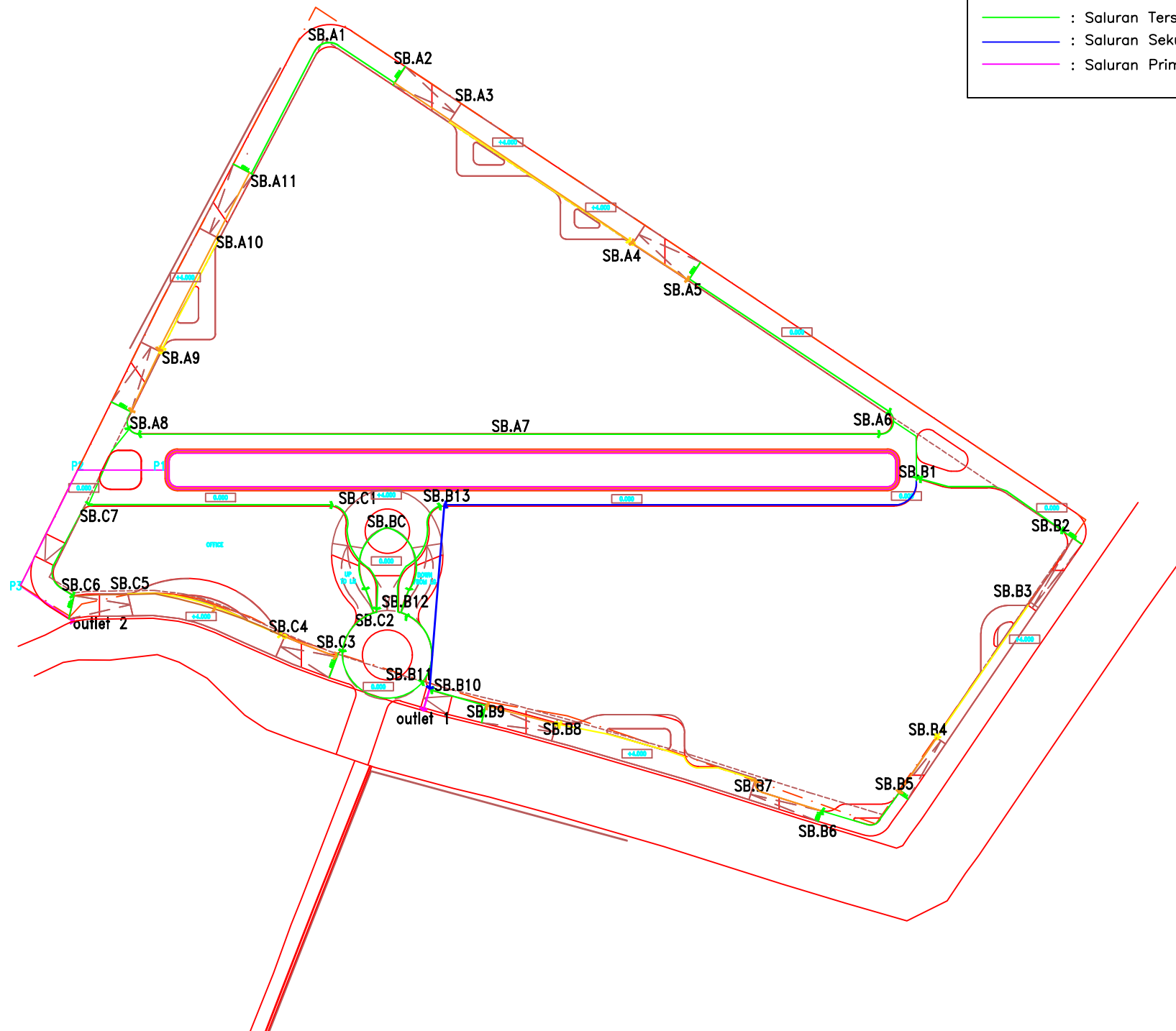
SKALA GAMBAR



HALAMAN

133





Keterangan :

— : Saluran Tersier

— : Saluran Sekunder

— : Saluran Primer

JURUSAN TEKNIK SIPIL PROGAM STUDI S1 REGULER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL TUGAS AKHIR	
PERENCANAAN SISTEM DRAINASE APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD – WARU, SIDOARJO	
NAMA GAMBAR	
LAYOUT SKEMA SALURAN DRAINASE JALAN	
NAMA MAHASISWA / NRP	
SAFIRA NUR AFIFAH / 3113100108	
DOSEN PEMBIMBING	
Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc. Dr. Ir. Edijatno	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
10	13
SKALA GAMBAR	
1 : 8000	
HALAMAN	
134	

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

SKEMA SALURAN
 DRAINASE JALAN

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

11 13

SKALA GAMBAR

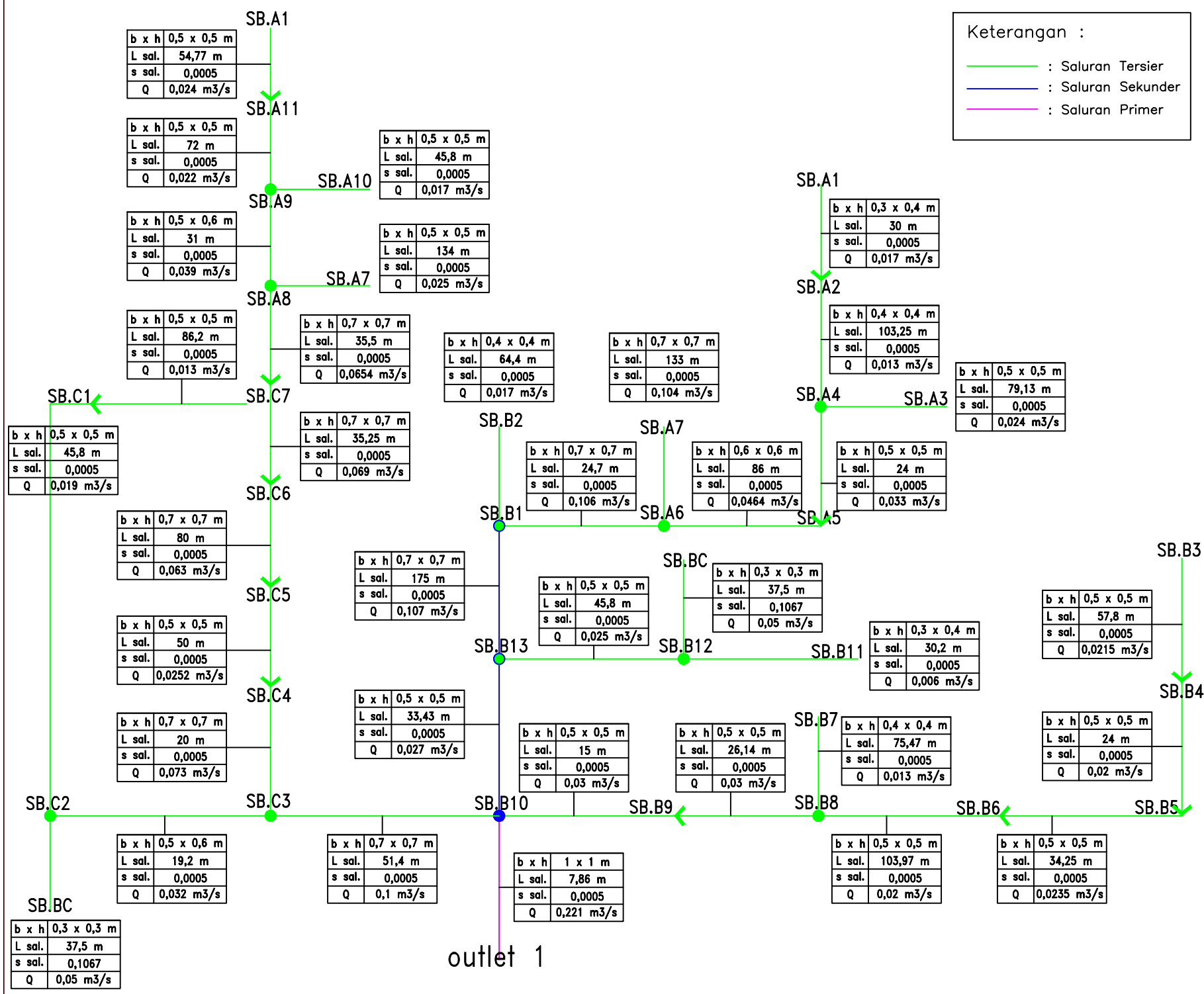


HALAMAN

135

Keterangan :

- : Saluran Tersier
- : Saluran Sekunder
- : Saluran Primer



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE
 APARTEMEN ROYAL AFATHER
 WORLD – WARU, SIDOARJO

NAMA GAMBAR

DETAIL POTONGAN
 KOLAM DAN
 SALURAN OUTLET

NAMA MAHASISWA / NRP

SAFIRA NUR AFIFAH /
 3113100108

DOSEN PEMBIMBING

Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc.
 Dr. Ir. Edijatno

NO GAMBAR JUMLAH GAMBAR

12

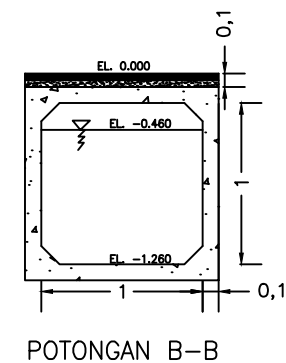
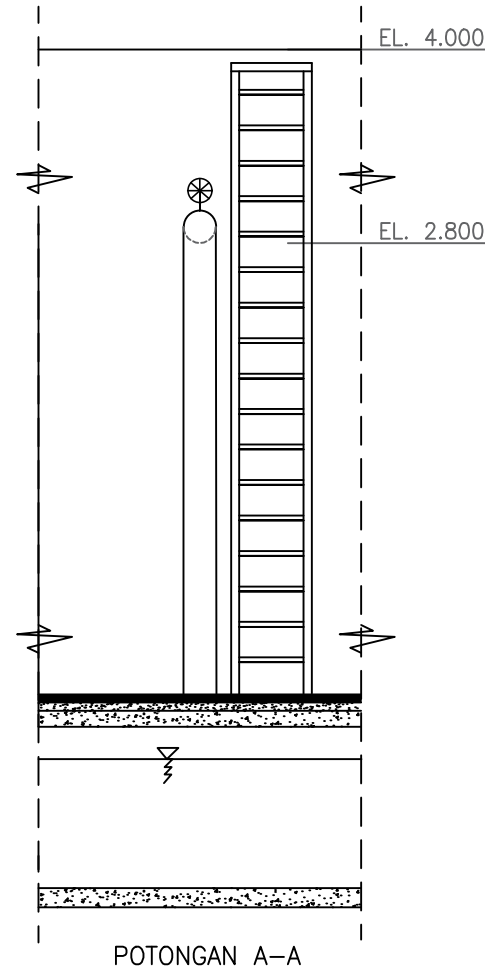
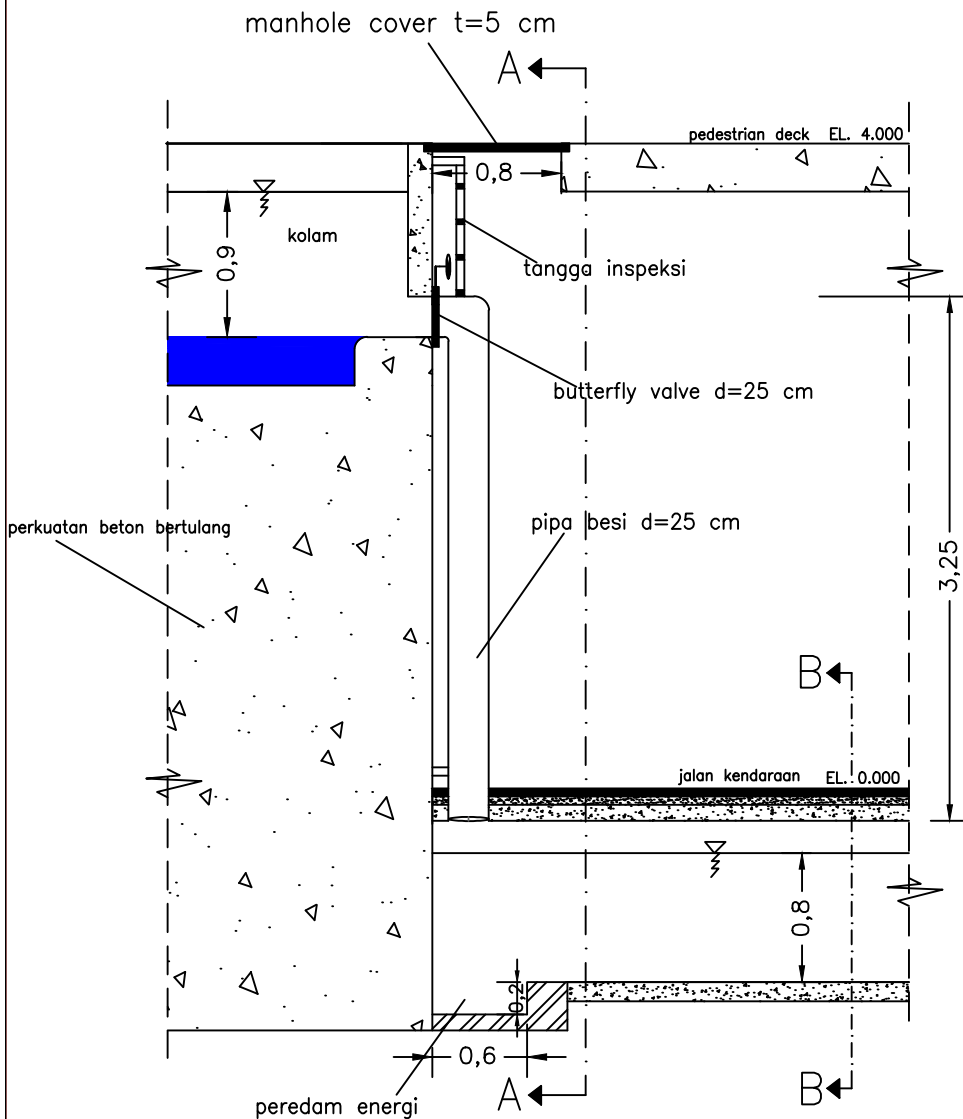
13

SKALA GAMBAR

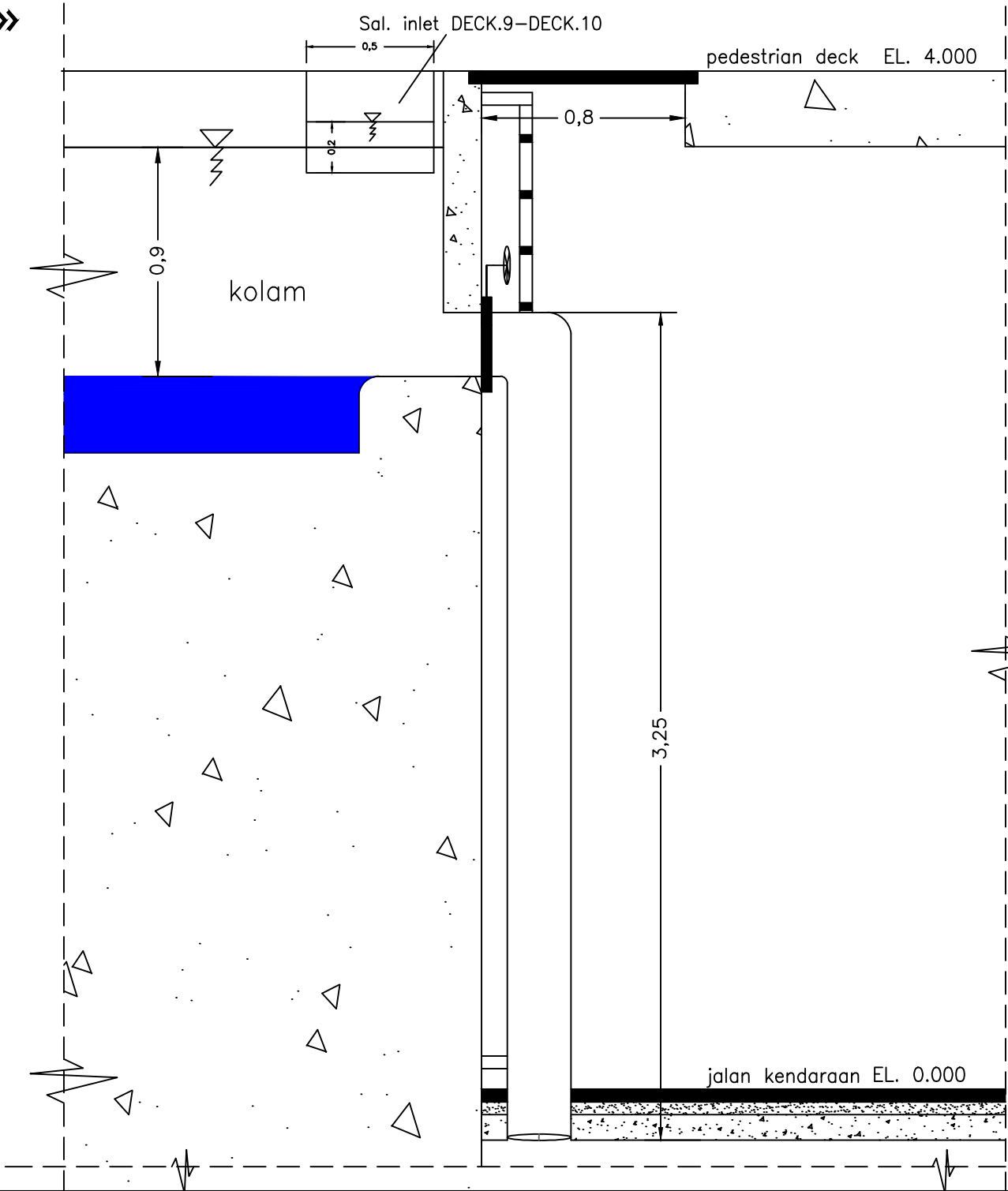
1 : 50

HALAMAN

136



POTONGAN C-C >>>



JURUSAN TEKNIK SIPIL PROGAM STUDI S1 REGULER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
JUDUL TUGAS AKHIR	
PERENCANAAN SISTEM DRAINASE APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD – WARU, SIDOARJO	
NAMA GAMBAR	
DETAIL POTONGAN SALURAN INLET KOLAM	
NAMA MAHASISWA / NRP	
SAFIRA NUR AFIFAH / 3113100108	
DOSEN PEMBIMBING	
Dr. techn. Umboro L., ST., M.Sc. Dr. Ir. Edijatno	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
13	13
SKALA GAMBAR	
1 : 25	
HALAMAN	
137	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Techn. Umboro Lasminato, S.T., M.Sc. Dr. Ir. Edyotno
NAMA MAHASISWA	: SAFIRA NUR AFIFAH
NRP	: 3113100108
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Sistem Drainase Apartemen Royal Apathor World - Kecamatan Waru, Sidoarjo, Jawa Timur.
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 01073 / ITZ.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	3. Mar. '17	menghitung & rencana dari 5 distribusi dan uji ke crackan.	- buat skema drainase - hitung catchment area.	
2.	22. Mar. '17	Fiksasi konsep skema drainase	- buat skema.	
3.	27. Mar. '17	Asistensi skema jaringan drainase	- tambah lagi talang vertikal di lantai 5 - tambahkan saluran inlet ke dasar	
4.	29. Mar. '17	- Fiksasi skema drainase - masukkan gambar Poligon Thiessen ke laporan	Sistem drainase dibagi 2: drainase tower dan drainase jalan	
5.	11 April '17	- talang dari atas masukkan ke saluran Lt. LG - CA. saluran lantai semilament hanya jalan dan RTTH	- hitung tc dari rooftop sampai ke bawah dgn menggunakan skema, supaya mudah	
6.	12 April '17	- menghitung Q hidrologi - Q hidrolika saluran; sistem drainase atas dan bawah	- TV dari lantai 5 ke LG dan TH ke kolam menggunakan pipa baja - Cek elevasi MA, dasar saluran dan top saluran semua saluran, jangan sampai overtopping (melebihi elevasi tanah asli)	



Form AK/TA-04
rev01

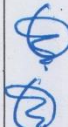
PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Techn. Umboro Lasminato, ST, M.Sc. Dr. Ir. Edigatno
NAMA MAHASISWA	: SAFIRA NUR AFIFAH
NRP	: 3113100108
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN SISTEM DRAINASE APARTEMEN ROYAL AFATHER WORLD, - WARU, SIDOARJO
TANGGAL PROPOSAL	: 17 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 011673 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7.		Perhitungan rating pelimpah dan pintu air	aba gunakan valve dan pipa untuk mengalirkan air dari dalam	
8.		perhitungan Q valve dan routing	cari + pengosongan kolam	

BIODATA PENULIS



Safira Nur Afifah,
Penulis dilahirkan di Surabaya, 12 Mei 1995, dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 39 Surabaya, SDN Klampis Ngasem I/246 Surabaya, SMP Negeri 6 Surabaya, serta SMA Negeri 2 Surabaya. Selepas masa SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS melalui jalur SBMPTN. Selama menempuh pendidikan sarjana (S-1), penulis aktif dalam beberapa

kegiatan yang bersifat akademik dan non-akademik. Beberapa diantaranya yaitu tergabung dalam UKM Paduan Suara Mahasiswa ITS dan berkesempatan mengikuti lomba-lomba tingkat nasional dan internasional, bertugas menjadi bendahara 1 Departemen Khusus Himpunan Mahasiswa Sipil ITS yang menaungi acara Civil Expo ITS 2016, dan menjadi panitia pada seminar nasional dan internasional yang diadakan oleh Departemen Teknik Sipil. Penulis juga mendapatkan beasiswa dari PT. Profesional Telekomunikasi Indonesia (Protelindo) selama 5 semester. Di Departemen Teknik Sipil, penulis menemukan ketertarikan pada bidang hidroteknik dan memutuskan untuk mengambil studi drainase sebagai topik tugas akhir.

Email: safiranuturafifah@gmail.com